

Korkeakoulujen ja lukioiden välinen yhteistyö

Ehdotus Oulun yliopiston fysiikan
opetuslaboratorion ja lähilukioiden yhteistyöstä

Pro gradu -tutkielma

Janne Hyry
Sakarias Littow

Kesäkuu 2020

Tämä sivu on tarkoituksella tyhjä.

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Korkeakoulutuksen ja tutkimuksen visio 2030	3
2.1	Nykytila	3
2.2	Lukiolaki 714/2018	6
2.3	Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019	7
3	Korkeakoulujen rahoitusmalli	9
3.1	Vuosien 2017–2020 rahoitusmalli	9
3.2	Rahoitusmalli 2021	11
3.3	Yhteistyön rahoitus	14
4	Lukioiden ja korkeakoulujen välisen yhteistyön tavoitteet	16
5	Yhteistyön toteutuminen	18
5.1	Lukioiden ja korkeakoulujen välisen yhteistyön ulottuvuudet	18
5.2	Yhteistyön suunnittelu	19
5.3	Lukioiden ja korkeakoulujen yhteistyön mallit	20
5.4	Yhteistyön haasteet	22
6	Olemassa tai suunnitteilla olevat yhteistyökäytänteet	24
6.1	Suunnitteilla olevia käytänteitä	26
6.2	Uusia ideoita yhteistyökäytänteille	27
6.3	Oulun yliopiston tarjoamat vierailut lukiolaisille ja koululaisille	28
6.3.1	Luonnontieteiden alat	28

SISÄLTÖ

6.3.2	Lääketieteet ja tekniikka	29
6.3.3	Tietojenkäsittely ja tietotekniikka	29
6.3.4	Muut vierailukohteet ja tapahtumat	30
6.3.5	Kurssitarjonta	30
7	Korkeakouluyhteistyön vaikutukset	32
7.1	Rehtorien näkemykset	32
7.2	Opettajien, opinto-ohjaajien ja abiturienttien näkemykset	36
8	Tutkimusprojekti	38
8.1	Tavoitteet	38
8.1.1	Merkitys, arvot ja asenteet	39
8.1.2	Tutkimisen taidot	40
8.1.3	Fysiikan tiedot ja niiden käyttäminen	41
8.2	Käytännön toteutus	41
8.3	Laboratoriotyö 1: Resistanssimittauksia	42
8.4	Laboratoriotyö 2: Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen	43
8.5	Laboratoriotyö 3: Hiuksen paksuuden määrittäminen	44
9	Johtopäätökset	46
A	Resistanssimittauksia	51
B	Malliraportti - Resistanssimittauksia	63
C	Mittauspöytäkirja - Resistanssimittauksia	74
D	Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen	76
E	Malliraportti - Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen	85
F	Mittauspöytäkirja - Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen	95

G	Hiuksen paksuuden määrittäminen	97
H	Malliraportti - Hiuksen paksuuden määrittäminen	108
I	Mittauspöytäkirja - Hiuksen paksuuden määrittäminen	116

1. Johdanto

Uuden lukiolain ja lukion opetussuunnitelman perusteiden myötä korkeakoulujen ja lukioiden välinen yhteistyö tulee lisääntymään. Tällaisen yhteistyön pääasiallisena tarkoituksena on tutustuttaa lukio-opiskelijat korkeakoulussa opiskeluun ja siten sujuvoittaa jatko-opintoihin siirtymistä lukio-opintojen jälkeen. Yhteistyön ja korkeakoulutuksen kehityksen ajatus näkyy myös opetus- ja kulttuuriministeriön laatimassa *Korkeakoulutuksen ja tutkimuksen visio 2030* -hankkeessa [1]. Hanke pyrkii helpottamaan korkeakoulutukseen pääsyä ja lisäämään korkeakoulutettujen nuorten aikuisten määrää Suomessa.

Opetus- ja kulttuuriministeriö on asettanut yhteistyölle selkeät tavoitteet ja mallit, joita avaamme tässä työssä. Tällä hetkellä lukiot tekevät jo jonkin verran yhteistyötä korkeakoulujen kanssa, joten perehdymme jo olemassa oleviin ja suunnitteilla sekä idean tasolla oleviin yhteistyökäytäntöihin, jotta lukija saa selkeän kuvan siitä, millaista yhteistyö on ja mitä sillä pitäisi saavuttaa.

Tutustumme erityisesti Oulun yliopiston tarjoamiin yhteistyömahdollisuuksiin ja teemme ehdotuksen uudesta yhteistyömallista. Ehdotus koostuu fysiikan laboratoriotöistä, jotka suunnittelimme fysiikan tutkimusprojektiamme varten. Töiden suoritusohjeet, malliraportit ja mittauspöytäkirjat on liitetty opinnäytetyön loppuun. Laboratoriotyöt tehtiin suoritettaviksi lukiolaisille.

Aloitamme työn tarkastelemalla *Korkeakoulutuksen ja tutkimuksen visio 2030* -hanketta ja siihen johtaneita syitä, sen tavoitteita ja korkeakouluyhteistyön lakisääteistä pohjaa. Luvussa 3 käsittelemme korkeakoulujen nykyistä ja uutta rahoitusmallia ja pyrimme selvittämään, miten yhteistyön lisääntyminen näkyy uudessa mallissa. Neljännessä ja viidennessä

1. JOHDANTO

luvussa tarkastelemme opetus- ja kulttuuriministeriön asettamia tavoitteita yhteistyölle sekä sen toteutumista ja suunnittelua. Esittelemme kuudennessa luvussa erilaisia korkeakoulujen ja lukioden välisen yhteistyön malleja, jotka ovat joko käytössä, suunnitteilla tai idean tasolla. Keskitymme erityisesti Oulun yliopiston yhteistyötarjontaan. Seuraavassa luvussa avaamme yhteistyön vaikutuksia lukioden henkilöstön ja opiskelijoiden näkökulmasta. Lopuksi esittelemme suunnittelemamme laboratoriotyöt ja tutkimme sitä, kuinka ne sopivat opetussuunnitelman ja opetus- ja kulttuuriministeriön asettamiin tavoitteisiin.

2. Korkeakoulutuksen ja tutkimuksen visio 2030

Suomi on 1990-luvun jälkeen menettänyt kärkipaikkansa koulutustason kansainvälisissä koulutustasovertailuissa. Tulevaisuudessa Suomi tarvitsee lisää osaajia ja korkealaatuisia korkeakoulutusta sekä tutkimus- ja innovaatiotoimintaa osaamistarpeisiin vastaamiseksi. Vuoden 2017 raportissaan talouspolitiikan arviointineuvosto toteaa koulutuksen olevan Suomessa edelleen kannattava investointi ja ettei koulutuksen tuottojen pienentymisestä ei ole merkkejä [2]. Näistä syistä johtuen on laadittu korkeakoulutuksen kehittämiseen ja korkeakoulutettujen määrän kasvattamiseen pyrkivä *Korkeakoulutuksen ja tutkimuksen visio 2030* -hanke [1].

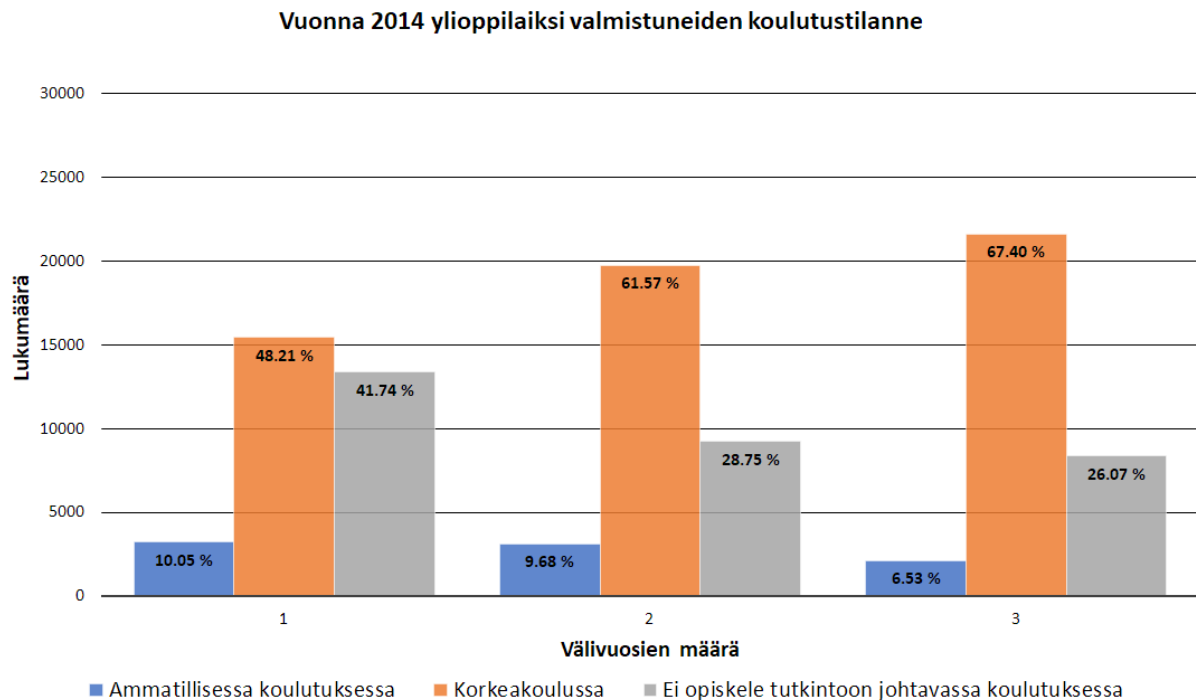
2.1 Nykytila

Läntisten teollisuusmaiden järjestö OECD:n vuoden 2019 raportissa [3] mainitaan korkeakoulutettujen osuus 25–34-vuotiaista. Raportista käy ilmi, että vuonna 2018 kaikkien OECD-maiden korkeakoulutettujen osuuden keskiarvo oli 44,5 % edellä mainitussa ikäluokassa. Suomessa vastaava keskiluku oli 41,3 %. Myös muihin pohjoismaihin verrattuna Suomi on kehityksessä jäljessä, sillä Ruotsin, Norjan, Tanskan ja Islannin yhteinen keskiarvo oli 46,9 % 25–34-vuotiaista. Tämän osuuden kasvattaminen on yksi korkeakoulutuksen vision tavoitteista. [4].

Korkeakoulutettujen pienemmän osuuden lisäksi suurin osa yliopisto-opiskelijoista ei valmistu tavoiteajassa. Esimerkiksi luonnontieteissä vuosina 2015–2017 tavoiteajassa suoritet-

tujen ylempien korkeakoulututkintojen osuus kaikista tutkinnoista oli keskimäärin 21 %. Taiteissa ja kulttuurialoissa vastaava luku oli noin 17 %. Suurin osuus oli lääketieteissä, jossa 66 % opiskelijoista saavutti tutkinnon tavoiteajassa. Ammattikorkeakouluissa noin vajaa kaksi kolmasosaa opiskelijoista valmistui ajallaan vuosien 2015–2017 aikana. Tavoiteajassa suoritettujen tutkintojen määrän kasvattaminen on toinen vision päätavoitteista. [4]

2. KORKEAKOULUTUKSEN JA TUTKIMUKSEN VISIO 2030



Kuva 2.1: Vuonna 2014 lukioista valmistuneiden työ- ja opiskelutilanne yhden, kahden tai kolmen väli vuoden jälkeen. Valmistuneita oli yhteensä 32 060.

Kolmas vision tavoitteista on lisätä koulutusjärjestelmän tehokkuutta. Esimerkki tästä on lukioista jatko-opintoihin siirtyminen, jossa on parannettavaa [4]. Kuvassa 2.1 on esitetty vuonna 2014 lukioista valmistuneiden opiskelu- ja työtilanne lukio-opintojen jälkeen [5]. Vuonna 2014 lukioista valmistui yhteensä 32 060 opiskelijaa, joista yhden väli vuoden jälkeen vajaa puolet opiskeli korkeakoulussa, kymmenesosa opiskeli ammatillisessa koulutuksessa ja noin 40 % ei opiskellut tutkintoon johtavassa koulutuksessa. Yleinen trendi näyttää olevan, että vuosien kuluessa korkeakoulussa opiskelevien määrä kasvaa. Tämä näkyy myös siinä, että opiskelu on yleisempää ja ammatillisessa koulutuksessa olevien määrä vähenee. Varusmies- tai siviilipalvelusta suorittavat sisältyvät kategoriaan "ei opiskele tutkintoon johtavassa koulutuksessa".

Lokakuussa 2017 laajassa yhteistyössä valmistui korkeakoulutuksen ja tutkimuksen visio Suomelle [1]. Tämän yhteistyön tuloksena syntynyt *Ehdotus Suomelle: Suomi 100+* asettaa tavoitteita korkeakoulujen kehittämiseksi. Visiossa asetettiin tavoitteeksi, että vuoteen

2. KORKEAKOULUTUKSEN JA TUTKIMUKSEN VISIO 2030

2030 mennessä vähintään puolet 25–34-vuotiaista nuorista aikuisista suorittaisi korkeakoulututkinnon, mikä vahvistaisi Suomen tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoimintaa. Suomessa korkeakoulutettujen osuus on tässä ikäluokassa tällä hetkellä noin 41 %. Tavoitteena on siis saavuttaa yhdeksän prosenttiyksikön nousu noin 10 vuodessa [6]. Lisäksi 4 % bruttokansantuotteesta käytettäisiin tutkimus- ja kehittämistoimintaan. Kokonaisuutena tavoitellaan maailman osaavinta työvoimaa sekä sivistyksen, osaamisen, tieteen ja teknologian kehittämistä yhteiskunnan hyväksi. [4]

Osaamistason nostaminen vaatii koulutukseen suunnattavien resurssien kasvattamista. Digitalisaatio ja teknologian kehittyminen muuttavat työelämän rakenteita, ihmisten arkea ja yhteiskuntaa. Korkeakoulujen uuden rahoitusmallin laatinut työryhmä katsoo, että nämä muutokset lisäävät tiedon, luovuuden ja osaamisen kysyntää tulevaisuudessa. Muutoksien perässä pysyminen edellyttää tulevaisuudessa jatkuvaa oppimista. Visiossa tavoiteltu muutos saadaan aikaan lisäämällä korkeakoulujen ja yhteiskunnan eri toimijoiden välistä yhteistyötä sekä kehittämällä valtion tarjoamaa ohjausta ja rahoitusta, mikä vahvistaa korkeakoulujen erilaistumista ja yhteiskunnallista vaikuttavuutta. [4]

Vision 2030 toteuttamiseksi on jo tehty toimenpiteitä. Lukiolaisten korkeakouluun siirtymiseen sujuvoittamiseksi lukiolakiin on lisätty kohta, joka velvoittaa lukiot tekemään korkeakoulujen kanssa yhteistyötä [7]. Lukioden rahoitusta on lisätty nostamalla lukiokoulutuksen yksikköhintaa [8] ja korkeakouluyhteistyö on huomioitu 2021 voimaan astuvassa lukion opetussuunnitelmien perusteissa [9]. Opetus- ja kulttuuriministeriö on myös asettanut tavoitteita sekä yleisiä ohjeita yhteistyön järjestämiseksi. Myös korkeakoulujen rahoitusta on muutettu tukemaan Vision 2030 tavoitteita [4].

2.2 Lukiolaki 714/2018

Lukiokoulutuksen tarkoituksena on antaa lukio-opiskelijalle valmiudet aloittaa korkeakoulututkintoon johtavat opinnot korkeakoulussa. Koulutuksen tavoitteena on tukea opiskelijoita hyviksi, tasapainoiksi ja sivistyneiksi ihmisiksi sekä aktiivisiksi yhteiskunnan jäseniksi. Lisäksi lukiokoulutus antaa opiskelijoille valmiuksia siirtyä työelämään ja valmistaa heitä elinikäiseen oppimiseen sekä itsensä kehittämiseen. [7]

Uudistetun lukiolain 8. ja 13. pykälässä lukiokoulutuksen järjestäjät veloitetaan yhteistyöhön korkeakoulujen kanssa. Pykälässä 8 tämä velvoite ilmaistaan suoraan, mutta lain 13. §:ssä korkeakouluyhteistyötä tarkennetaan siten, että "osa lukiokoulutuksen oppimäärän opinnoista on järjestettävä yhteistyössä yhden tai useamman korkeakoulun kanssa". Lisäksi lukiolain 12. pykälä määrää koulutuksen järjestäjän laatimaan opetussuunnitelman, jossa päätetään oppimisen tuesta, opintojen ohjauksesta, opetuksesta, opintojaksoista ja niiden edellyttämistä opintosuorituksista. [7]. Koska lukiolaissa sanotaan, että osa lukiokoulutuksen oppimäärästä on suoritettava yhteistyössä korkeakoulun kanssa, on opetussuunnitelmaan sisällytettävä suunnitelma tällaisen yhteistyön toteuttamisesta.

Lukiolain 26. §:n mukaan lukio-opintoja suorittava opiskelija laatii itselleen oppilaitoksen opetushenkilöstön tuella henkilökohtaisen opintosuunnitelman, johon sisältyy suunnitelma lukio-opinnoista, ylioppilastutkinnosta sekä jatko-opinnoista ja urasuunnitelmasta. Tarkoituksena on tukea lukiokoulutuksen jälkeistä jatko-opintoihin ja työelämään siirtymistä. Henkilökohtaista opintosuunnitelmaa päivitetään opintojen edetessä. [7]

Lukiolain 25. ja 11. pykälän mukaan lukiokoulutusta suorittavalla opiskelijalla on oikeus saada opinto-ohjauksen lisäksi jatko-opintoihin liittyvää ohjausta. Koulutuksen suorittaneella henkilöllä, joka ei ole saanut jatko-opiskelupaikkaa tutkintoon johtavassa koulutuksessa, on oikeus saada opintoihin hakeutumiseen ja urasuunnitelmiin liittyvää ohjausta oppimäärän suorittamisvuoden jälkeisen vuoden aikana. Ohjauksen järjestämisestä on vastuussa oppilaitos, jossa oppimäärä on suoritettu. [7]

2.3 Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019

Lukion opetussuunnitelman perusteissa sanotaan, että lukio-opiskelijalle järjestetään mahdollisuudet hyödyntää korkeakoulujen ja muiden oppilaitosten opetustarjontaa hänen opintojaan koskeviin yksilöllisiin valintoihinsa. Opintojaksoihin voidaan yhdistää kansainvälisyyttä ja työelämäosaamista sekä korkeakouluopintoihin tutustumista. Opetussuunnitelman perusteissa on näiden lisäksi kerrottu korkeakouluyhteistyöstä ja opiskelijan ohjauksesta. Esimerkiksi korkeakouluun tutustumiseen tähtäävät ja niissä suoritettavat opinnot voidaan sisällyttää osaksi opiskelijan henkilökohtaista opintosuunnitelmaa. Lukion ohjaustoiminta ja eri oppiaineet pyrkivät motivoimaan opiskelijaa hyödyntämään korkeakoulujen

2. KORKEAKOULUTUKSEN JA TUTKIMUKSEN VISIO 2030

orientoivia opintoja ja muiden oppilaitosten tarjoamia opintoja. Opiskelijalle tällaiset opintojaksot avaavat uusia elämänvalintoja sekä ura- ja työmahdollisuuksia. [9]

Korkeakouluyhteistyön käytännön järjestämisestä päätetään paikallisessa opetussuunnitelmassa. Lukion opetussuunnitelman perusteissa lukioden ja korkeakoulujen välisen yhteistyön sekä lukio-opetuksen keskeisiksi tavoitteiksi asetetaan opiskelijan siirtymisen helpottaminen korkeakouluopintoihin ja työelämään. Lukioden tulee korkeakoulujen kanssa kehittää tapoja osallistua korkeakoulun orientoiviin opintoihin sekä hyödyntää vaihtoehtoisia väyliä jatko-opintoihin. Tällaiset lukion aikana suoritettavat korkeakouluopinnot sekä niihin liittyvät valmiudet tulee lisäksi yhdistää lukion laaja-alaisen osaamisen osa-alueisiin sekä oppiaineiden tavoitteisiin ja sisältöihin. Paikallisessa opetussuunnitelmassa tulee myös olla kuvaus monialaisen yhteistyön toteuttamisesta paikallisten toimijoiden kanssa sekä opiskelijan mahdollisuuksista kehittää kansainvälisyys-, työelämä sekä yrittäjyysosaamistaan. [9]

Lukiolain 714/2018 mukaan lukio-opiskelijalla on oikeus saada tarpeidensa mukaista henkilökohtaista ohjausta jatko-opintoihin hakeutumiseen liittyen [7]. Ohjaustoiminta vahvistaa opiskelijan valmiuksia arvioida lukio- ja jatko-opintoja koskevia valintoja tulevaisuuden osaamistarpeiden näkökulmasta ja tukee opiskelijan kasvua, kehitystä, hyvinvointia sekä itseohjautuvuutta. Lisäksi ohjaus edistää koulutuksen yhdenvertaisuutta ja tasa-arvoa sekä ehkäisee syrjäytymistä. Ohjaus on lukiohenkilöstön johtamaa yhteistyötä, johon kuuluu oleellisesti työskentely korkeakoulujen ja työelämän kanssa. Opiskelija on ohjauksessa aktiivinen osallistuja ja hänen tulee pystyä osallistumaan korkeakoulujen ja työelämän kanssa toteutettaviin opintokokonaisuuksiin. Käytännön toteutuksesta ja koordinoinnista vastaa oppilaitoksen opinto-ohjaaja. Aineenopettajalla on myös rooli opiskelijan ohjauksessa. Hänen tehtävänä on tukea opiskelijan jatko-opintovalmiuksia oman oppiaineensa näkökulmasta korkeakoulu- ja työelämäyhteistyössä. [9]

3. Korkeakoulujen rahoitusmalli

Korkeakoulujen uusi rahoitusmalli tulee voimaan vuonna 2021. Tässä luvussa perehdymme tämänhetkiseen rahoitusmalliin ja vertaamme sitä uuteen malliin. Tutkimme myös, miten lukiodien korkeakouluyhteistyön lisääntyminen näkyy uudessa rahoitusmallissa.

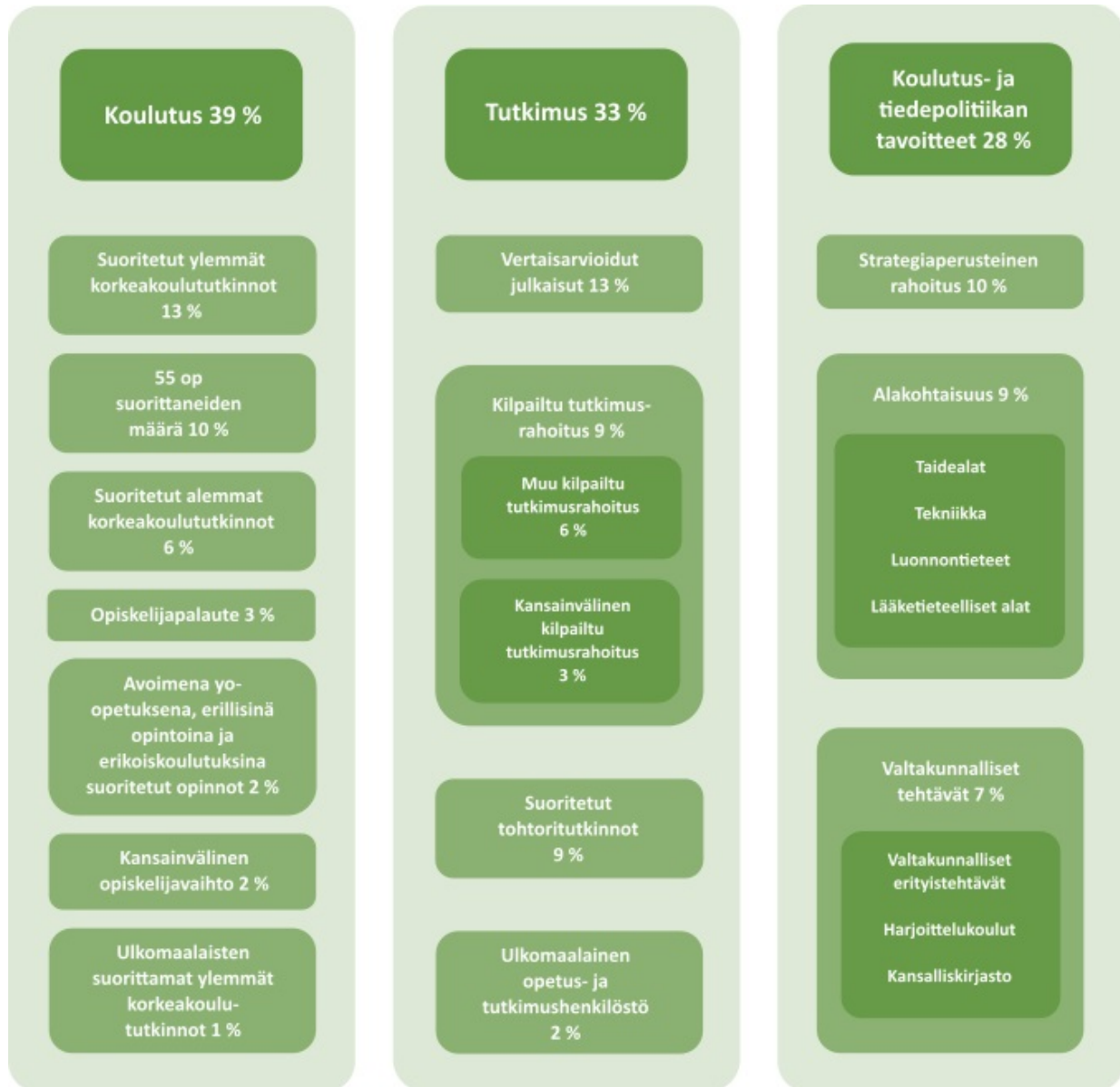
3.1 Vuosien 2017–2020 rahoitusmalli

Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisussa [4] on esitetty vuosien 2017–2020 toteutunut rahoitus yliopistoille. Näinä vuosina suunniteltu yliopistojen rahoitus on yhteensä 2,841 miljardia euroa vuodessa, josta koulutukseen käytetään 39 %, tutkimukseen 33 % sekä koulutus- ja tiedepolitiikan tavoitteisiin 28 %. Rahoituksen perusteet on esitetty kuvassa 3.1.

Rahoituksessa eri osiot on jaettu vielä pienempiin osiin. Koulutusosion sisällä koko yliopiston rahoituksesta 19 % on jaettu suoritetuille korkeakoulututkinnoille, missä alempien korkeakoulututkintojen osuus on kuusi prosenttia ja ylempien korkeakoulututkintojen osuus 13 %. Vuodessa 55 opintopistettä suorittaneiden osuus on 10 %. Opiskelijapalautteen osuus rahoituksesta on kolme prosenttia ja valmistuneiden työllisten osuus on kaksi prosenttia. Avoimeen yliopisto-opetukseen, erillisinä opintoina ja erikoistumiskoulutuksina suoritettuihin opintoihin on jaettu kaksi prosenttia. Kansainvälisyyden osuus rahoituksesta on yhteensä viisi prosenttia, jossa kansainvälisen opiskelijavaihdon sekä ulkomaalaisen opetus- ja tutkimushenkilöstön osuus on kaksi prosenttia ja ulkomaalaisten suorittamien ylempien korkeakoulututkintojen osuus on yksi prosentti.

Tutkimuksen osuus rahoituksesta on yhteensä 33 %, missä 13 % on jaettu julkaisufoorumin

3. KORKEAKOULUJEN RAHOITUSMALLI



Kuva 3.1: Yliopistojen rahoitusmalli vuosina 2017–2020.

3. KORKEAKOULUJEN RAHOITUSMALLI

vertaisarvioituille eri tasoluokkien julkaisuille. Suoritettujen tohtoritutkintojen rahoituksen osuus on yhdeksän prosenttia. Kilpaillun tutkimusrahoituksen osuus on myös yhdeksän prosenttia, missä kolme prosenttia on kansainvälisen kilpaillun tutkimusrahoituksen osuus ja kuusi prosenttia muun kilpaillun tutkimusrahoituksen osuus. Ulkomaalaisen opetus- ja tutkimushenkilöstön osuus on kaksi prosenttia.

Koulutus- ja tiedepolitiikan osuus rahoituksesta on 28 %, missä strategiaperusteisen rahoituksen osuus on 12 %. Alakohtainen osuus on yhdeksän prosenttia ja valtakunnallisten tehtävien, kuten erityistehtävien, harjoittelukoulujen ja kansalliskirjaston, osuus on yhteensä seitsemän prosenttia.

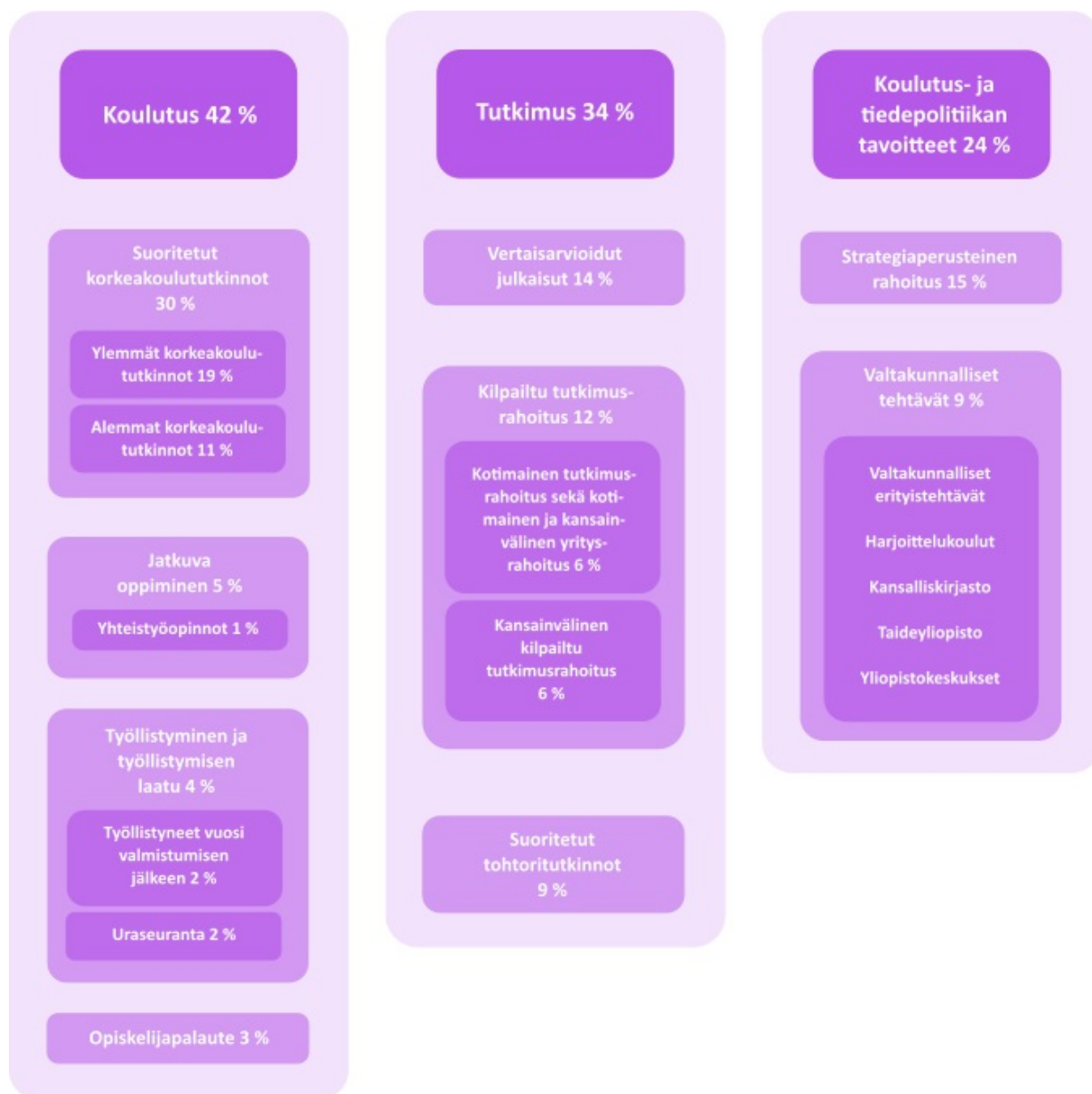
3.2 Rahoitusmalli 2021

Vuosien 2021–2024 rahoitusmalli on esitetty kuvassa 3.2. Yliopistojen rahoitusmallin perusrakenne pysyy ehdotuksessa samanlaisena kuin vuosina 2017–2020 voimassa olevassa mallissa. Rahoitusmallin kolme pääosaa muodostuisivat edelleen koulutuksen, tutkimuksen sekä koulutus- ja tiedepolitiikan tavoitteita tukevista rahoituskriteereistä. Koulutuksen osuuteen ehdotettiin kolmen prosenttiyksikön kasvua siten, että sen osuus olisi 42 % ja tutkimusosioon yhden prosenttiyksikön kasvua siten, että sen osuus olisi 34 %. Koulutus- ja tiedepolitiikan tavoitteiden osuus olisi jatkossa 24 % (nykyisin 28 %). Osio muodostuisi strategiaperusteisesta rahoituksesta ja valtakunnallisista tehtävistä, joissa aiempien tehtäväkokonaisuuksien lisäksi otetaan huomioon Taideyliopiston vuosien 2013–2016 aikana toteutetun rahoitustason noston turvaaminen. [4]

Ylempien korkeakoulututkintojen osuus pysyy 19 prosentissa ja alempien korkeakoulututkintojen osuus pienenee 11 prosenttiin. Opiskelijapalautteen osuus säilyy kolmessa prosentissa ja työllistymisen osuus kasvaa neljään prosenttiin. Uutena rahoituskriteerinä on jatkuva oppiminen, jonka rahoitusosuudeksi määrätään viisi prosenttia. Jatkuvan oppimisen rahoitustekijä sisältää avoimen korkeakoulutuksen, erikoistumiskoulutuksen, erillisten opintojen ja maahanmuuttajien valmentavan koulutuksen opintopisteet. [4]

Rahoitusmallissa yhden prosenttiyksikön nosto jatkuvalla oppimiselle viestii korkeakoulujen välisen yhteistyön tärkeydestä, monipuolisten opintopolkujen mahdollistamisesta, osaa-

3. KORKEAKOULUJEN RAHOITUSMALLI



Kuva 3.2: Yliopistojen rahoitusmalli vuodesta 2021 alkaen.

3. KORKEAKOULUJEN RAHOITUSMALLI

mista vahvistavasta profiloitumisesta sekä työnjaosta. Se myös tukee vision 2030 tavoitteita korkeakoulujen toiminnassa. Huomattavaa uuden rahoitusmallin koulutusosiossa on se, että vuodessa 55 opintopistettä suorittaneita opiskelijoita ei oteta rahoituksessa huomioon. Tämä korvataan tutkintojen tavoiteajat huomioon ottavalla kertoimella, mikä luo kannustimia nopealle valmistumiselle. Tällä hetkellä vain alle kolmasosa kaikista ylemmän korkeakoulututkinnon suorittajista suorittaa tutkinnon yliopistolain määrittelemässä tavoiteajassa. [4]

Edellä mainittuja määräaika- ja kuvaavia kertoimia käytetään suoritettujen tutkintojen perusteella myönnettävän rahoituksen laskemiseen. Tavoiteajassa suoritettujen tutkinnojen kerroin on 1,5. Kerroin enintään 12 kuukautta tavoiteajan jälkeen suoritettulle tutkinnoille on 1,3 ja yli 12 kuukautta tavoiteajan jälkeen kerroin on 1. Sen lisäksi opetus- ja kulttuuriministeriö määrittelee alakohtaiset kertoimet, jotka kuvaavat koulutuksen laite- ja henkilöstöintensiteettiä. Esimerkiksi lääketieteellisissä tai tietyissä tekniikan alan koulutuksissa edellytetään suuria laitteistoinvestointeja opetuksen tueksi. Tutkintojen alaryhmittely on esitetty kuvassa 3.3. Tämän ryhmittelyn alat on jaoteltu vielä kolmeen ryhmään. Ryhmän 1 kerroin on 1, ryhmän 2 kerroin on 1,75 ja ryhmän 3 kerroin on 3. [4]

Käytännössä kertoimet otetaan huomioon siten, että suoritetuille tutkinnoille määritetään keskimääräinen kerroin alakohtaisia ja suoritusajan kertoimia käyttäen. Lopuksi suoritettujen tutkintojen määrä kerrotaan määritetyllä keskimääräisellä kertoimella, jolloin saadaan tutkintopisteet, joita käytetään rahoituksen määräytymisperusteena. Tutkinnoilla on rahoitusraja, ja sen ylittävää tutkintomäärää ei oteta tutkintopisteiden laskennassa huomioon. Jos mielivaltaisessa yliopistossa on suoritettu joltain alalta 100 tutkintoa, mutta kyseisen alan rahoitusraja on 80, niin määritetyllä kertoimella kerrotaan luku 80, jolloin saadaan rahoituksessa huomioon otettava tutkintopisteiden määrä. [4]

Strategiaperusteisen rahoituksen osuutta lisätään yliopistojen rahoitusmallissa entisestä 12 prosentista 15 prosenttiin. Rahoituksesta päättänyt työryhmä katsoo, että tulevaisuuteen tähtäävä strategiaperusteisen rahoituksen osuuden nosto tukee korkeakoulutuksen ja tutkimuksen vision 2030 tavoitteita. Strategiaperusteinen rahoitus on jaettu kahteen osaan. Pääpainotettuun osaan A kuuluu yliopiston strategiaa tukevien toimenpiteiden lisäksi myös kansainvälisyys. Osaan B kuuluu hallitusohjelmasta tai valtioneuvoston tavoitteista lähtevät korkeakoulu- ja tiedepoliittiset osuudet. Työryhmän mielestä nopeasti muuttuvassa

3. KORKEAKOULUJEN RAHOITUSMALLI

maailmassa strategisen kehittämisenäkemyksen tukeminen tuottaa parhaan lopputuloksen ja korkeakouluyhteisön sitoutumisen kehittämistyöhön. [4]



Kuva 3.3: Tutkintojen alaryhmät.

3.3 Yhteistyön rahoitus

Opetus- ja kulttuuriministeriön rahoitusraportissa lukioiden ja korkeakoulujen väliselle yhteistyölle ei ole määritetty erillistä rahoitusindikaattoria. Ministeriön mukaan korkeakoulujen rahoitusmalli ei ole kaikkea niiden toimintaa määrittävä tekijä. Malliin ei täten sisällytetä indikaattoreita kaikille korkeakoulujen toiminnan osille. Tästä huolimatta monimuotoinen ja monipuolinen yhteiskunnallinen yhteistyö ja vaikuttavuus on olennainen osa kaikkien korkeakoulujen tavoitteita. [4]

Miten lukioiden ja korkeakoulujen välisen yhteistyön rahoitus toteutuu? Lukiot toteuttavat lukiolain määräämää yhteistyövelvoitetta omasta ja korkeakoulut puolestaan omasta rahoituksestaan. Lukiokoulutuksen rahoituksessa on huomioitu lukiolaisten korkeakouluisissa suoritettujen opintojen kustannuksiksi 0,6 miljoonaa euroa. Arvio perustuu valtioneuvoston esitykseen HE 41/2018 vp [10], jonka mukaan noin kaksi kolmasosaa lukioikäisistä eli noin 30 000 opiskelijaa suorittaisi keskimäärin kaksi opintopistettä korkeakouluopintoja yhtä opiskelijaa kohden. Todelliset kustannuksen jäänevät kuitenkin pienemmiksi. Koska lukio-opinnot ovat opiskelijalle maksuttomia, koulutuksen järjestäjän tulee kustantaa keskimäärin 15 euron suuruiset opintomaksut opintopistettä kohden [10]. Korkeakoulumaksujen

3. KORKEAKOULUJEN RAHOITUSMALLI

kustannukset lukiokoulutuksen kannalta on huomioitu valtion julkisen talouden suunnitelmassa vuosille 2020–2023 nostamalla lukiokoulutuksen yksikköhintaa ja pienentämällä kuntarahoituksen osuutta lukiokoulutuksen rahoituksesta [8].

Korkeakoulujen jatkuvan oppimisen kustannuksia voidaan kattaa korkeakoulujen perusrahoituksesta, jos yhteistyö toteutetaan vierailujen tai muiden lyhyiden tutustumisten muodossa, jossa korkeakoulu osallistuu opintojakson järjestämiseen vain vähän. Jos lukio ostaa korkeakoululta lukiolain mukaista opetusta, on kyse korkeakoulun liiketoiminnasta, eikä siihen voida käyttää valtion rahoitusta. Kun yhteistyö tuottaa lukiolaisten tekemiä korkeakoulussa suoritettuja, rahoitusmalleissa huomioitavia suorituksia kuten opintopisteitä, ne huomioidaan korkeakoulurahoituksen määräytymisessä. [6]

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan toimeenpanemassa tutkimuksessa *Lukioiden korkeakoulu- ja työelämäyhteistyö* [11] selvitettiin, miten lukiot käytännössä rahoittivat korkeakouluyhteistyötä. Tämä tutkimuksen osa toteutettiin verkkokyselyllä, joka lähetettiin 381 lukion rehtorille, joista 159 vastasi. Kyselyn vastausten mukaan lähes 80 %:ssa tapauksista lukio ja korkeakoulut toteuttivat yhteistyötä omalla rahoituksellaan, eikä rahansiirtoa tapahtunut osapuolten välillä. Reilu 20 % kertoi, että yhteistyö kustannettiin kokonaan tai osittain hankerahoituksella. Sama määrä vastasi, että lukio ostaa koulutusta korkeakoululta tai lukiolainen maksaa itse esimerkiksi avoimen korkeakoulun opintomaksut. Siinä tapauksessa, että opiskelija kustantaa korkeakouluopinnot itse, vain vajaa 10 % lukioista kattaa opiskelijalle aiheutuneet kulut. Noin viisi prosenttia yhteistyöstä kustannetaan lukion itse keräämällä rahoituksella tai muualta saadulla tuella.

Kuten hallituksen esityksestä HE 41/2018 vp ja korkeakoulujen rahoitusmallista käy ilmi, lukiot näyttävät myös käytännössä rahoittavan yhteistyönsä omasta rahoituksestaan. Uutena informaationa valtioneuvoston toimeenpanemasta tutkimuksesta ilmenee, että lukiot ja korkeakoulut hyödyntävät myös hankerahoitusta yhteistyön toteuttamisessa. Tämä tarkoittaa sitä, että lukiot hakevat yhteistyön rahoitusta valtion ja kuntien rahoituksen ulkopuolelta. Lähteistä ei kuitenkaan käy ilmi, että hyödyntävätkö lukiot hankerahoitusta valtion ja kunnan rahoituksen riittämättömyyden takia vai muista syistä johtuen.

4. Lukioden ja korkeakoulujen välisen yhteistyön tavoitteet

Opetus- ja kulttuuriministeriö on listannut julkaisussaan [6] lukioden ja korkeakoulujen välisen yhteistyön tavoitteita eri osapuolten kannalta. Lukio-opiskelijan kannalta yhteistyön tavoitteena on, että opiskelija pääsee tutustumaan eri alojen opintojen ja korkeakoulutusta seuraavan työelämän vaatimuksiin. Yhteistyön ansiosta opiskelija saisi myös ennen kaikkea tukea itselleen sopivan alan löytämiseen ja apua nopeaan korkeakoulutukseen siirtymiseen.

Yhteistyö helpottaa siirtymistä lukio-opinnoista korkeakouluopintoihin, mikä on hyvä asia koko koulutusjärjestelmän kannalta. Yhteistyö edistää koulutusalojen sukupuolijakaumien tasoittumista sekä tukee korkeakouluissa aliedustettujen henkilöryhmien, kuten maahanmuuttajien ja heikommista sosioekonomisista taustoista tulevien henkilöiden, hakeutumista korkeakouluihin. Korkeakoulujen ja lukioden yhteistyö voi myös nostaa niiden alojen vetovoimaa, joihin haetaan vähän lukio-opintojen jälkeen. [6]

Yhteistyöllä on myös vaikutuksia lukion opettajiin ja opinto-ohjaajiin. Sen avulla kehitetään eri koulutusasteiden opetushenkilöstön väliseen yhteistyöhön perustuvaa toimintakulttuuria, ylläpidetään ja uudistetaan korkeakoulujen tuntemusta sekä kokonaisvaltaisen ohjauksen kehittämistä. Opettajien ja ohjaajien kannalta yhteistyö antaa heille mahdollisuuden kehittää muun muassa substanssiosaamistaan yhteistyössä korkeakoulujen kanssa. [6]

Lukioden ja lukiokoulutuksen järjestäjien kannalta yhteistyön tavoitteena on mahdollistaa osallistuminen muiden oppilaitosten, korkeakoulujen ja koulutuksen järjestäjien antamaan

4. LUKIOIDEN JA KORKEAKOULUJEN VÄLISEN YHTEISTYÖN TAVOITTEET

opetukseen. Osa lukio-opinnoista voitaisiin tarjota eri yliopistojen tai ammattikorkeakoulujen toimesta. Yhteistyö auttaa lukioita myös olemaan mukana koko koulutusjärjestelmän johdonmukaisessa jatkumossa. [6]

Korkeakoulujen kannalta yhteistyö antaa lukion opiskelijoille ja henkilökunnalle mahdollisuuden tutustua korkeakouluopintoihin, tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoimintaan, tieteeseen sekä uramahdollisuuksiin. Korkeakoulujen henkilöstö pääsee näin tutustumaan paremmin lukio-opintojen päättävien opiskelijoiden osaamistasoon ja valmiuksiin opiskella korkeakoulussa. Yhteistyö hyödyttäisi korkeakoulujen opiskelijavalinnan uudistumista, alueellisia osaamiskeskittymiä ja auttaisi esittelemään selkeitä opintopolkuja. [6]

5. Yhteistyön toteutuminen

Lukion opetussuunnitelmien perusteissa 2019 [9] esimerkiksi biologian, fysiikan ja kemian opetuksen yleisissä tavoitteissa on yhtenä kohtana antaa opiskelijalle mahdollisuus perehtyä kyseisen oppiaineen sovelluksiin vierailun, korkeakoulu- tai työelämäyhteistyön kautta paikallisella tai kansainvälisellä tasolla.

5.1 Lukioden ja korkeakoulujen välisen yhteistyön ulottuvuudet

Lukioden ja korkeakoulujen välistä yhteistyötä valmisteleva työryhmä tunnisti [6] edellä mainitusta yhteistyöstä neljä ulottuvuutta, joiden perusteella yhteistyökäytäntöjä voidaan luokitella:

1. Valtakunnallisuus
2. Korkeakoulun ja korkeakoulutuksen osuus yhteistyössä
3. Yhteistyön liittyminen lukio-opintoihin, opetussuunnitelmaan ja opintojaksoihin
4. Yhteistyön suhde korkeakoulun opiskelijavalintaan

Valtakunnallisuus käsittää yhteistyökäytäntöjen saatavuuden. Käytännöt voivat olla kaikille avoimia, alueellisia tai kahdenvälisiä. Kaikille avoimet yhteistyökäytännöt ovat avoimia mille tahansa lukiolle ja kenelle tahansa lukiolaiselle. Tällaiset opinnot ovat usein verkkokursseja tai -materiaaleja eikä niissä käytetä muodollisia sopimuksia lukion ja korkeakoulun välillä. Alueellisissa sopimukseen perustuvissa käytännöissä on kyse korkeakoulun ja kaupungin tai sitä ympäröivän seudun keskeisistä yhteistyön muodoista. Kahdenväliset käytännöt ovat yhden korkeakoulun ja yhden lukion välisiä yhteistyön muotoja, joissa lukiolaiset esimerkiksi suorittavat korkeakouluopintoja tai korkeakoulun henkilöstö osallistuu lukion

5. YHTEISTYÖN TOTEUTUMINEN

opintojen järjestämiseen. Usein kahdenväliset käytännöt perustuvat sopimuksiin, mutta ne voivat olla hyvin epämuodollisia ja henkilösidonnaisia. [6]

Korkeakoulun ja korkeakoulutuksen osuus yhteistyössä kuvaa korkeakoulun osallistumisen tasoa sen ja lukion välisessä yhteistyössä. Korkeakoulu voi järjestää yhteistyötä avoimen korkeakouluopetuksen muodossa tai erillisenä opetuksena. Vaihtoehtoisesti korkeakoulu voi osallistua lukion opintojakson järjestämiseen, jossa on kyse lukion opintojaksoista, joiden ensisijaisena järjestäjänä on lukio. Tällaisten opintojaksojen tarkoituksena on kuitenkin avata korkeakoulutusta lukiolaiselle tavalla tai toisella. [6]

On tärkeää tarkastella myös sitä, miten yhteistyön muodot liittyvät lukion opintoihin, opetussuunnitelmaan ja opintojaksoihin. Yhteistyö voi olla osana pakollista tai valinnaista lukion opintojaksoa, jolloin opintojakso järjestetään yhdessä korkeakoulun kanssa. Korkeakoulu voi myös järjestää tietyn lukion oman valinnaisen opintojakson, jonka sisältö koostuu kokonaisuudessaan korkeakoulun tarjoamasta tai yhteisesti rakennetuista opinnoista. On myös mahdollista, että lukiolainen suorittaa korkeakouluopintoja, joihin osallistuminen ja joiden suorittaminen ei näy mitenkään lukion todistuksessa. [6]

Kaiken muun lisäksi voidaan tarkastella yhteistyön suhdetta korkeakoulun opiskelijavalintaan. Tämä tarkoittaisi sitä, että korkeakouluopintojen suorittamisella on joissain yhteistyön malleissa merkitystä korkeakoulujen opiskelijavalintojen kannalta. Tällöin opiskelijavalinta voitaisiin tehdä esimerkiksi opintosuoritusten perusteella. [6]

5.2 Yhteistyön suunnittelu

Korkeakouluyhteistyön toteutus tulee suunnitella lukiolain ja lukion opetussuunnitelman perusteissa asetettujen tavoitteiden mukaisesti yhteistyössä lukion opettajien kanssa. Korkeakouluyhteistyötä valmistellut työryhmä suosittelee, että suunnittelussa hyödynnetään jo olemassa olevia yhteistyöverkostoja sekä opettajien ja korkeakouluhenkilöstön luomia valmiita yhteistyökäytäntöjä. Korkeakouluyhteistyössä opiskelijoiden ohjauksesta ovat vastuussa lukion opettajat sekä opinto-ohjaajat paikallisesti sovittavalla tavalla. Opintojen arviointikäytännöt tulee kuvata täsmällisesti etenkin niissä tilanteissa, joissa lukion opintojakso tai osa siitä toteutetaan yhteisesti korkeakoulun kanssa. Yhteistyön ei myöskään pi-

5. YHTEISTYÖN TOTEUTUMINEN

täisi edellyttää muodollista sopimusta korkeakoulun ja lukion välillä, koska kaikilla lukioilla ei ole tarkoituksenmukaista ryhtyä sopimussuhteisiin eri opintoja tarjoavien korkeakoulujen kanssa. Sen sijaan yhteistyön tulisi perustua korkeakoulujen ja lukioiden suunnitelmallisiin ja yhtenäisiin käytäntöihin, jotka mahdollistavat sujuvan yhteistyön. [6]

Visio 2030 silmällä pitäen on tärkeää, että lukiolaiset siirtyvät valmistumisensa jälkeen mahdollisimman pian korkeakouluopintoihin. Opetus- ja kulttuuriministeriö pitääkin tärkeänä sitä, että lukio-opinnot suunnitellaan ja lukiolaisia ohjataan korkeakouluopintoihin siirtymistä ajatellen. Tämän tueksi jokainen opiskelija rakentaa itselleen opinto-ohjaajan tukemana henkilökohtaisen opintosuunnitelman, joka sisältää suunnitelman lukio-opiskelusta, ylioppilastutkintosuunnitelman sekä jatko-opinto- ja urasuunnitelman. Suunnitelma sisältää mahdolliset lukiokoulutuksen aikana korkeakoulussa suoritettavat opinnot. [6]

Yhteistyötä suunnitellut työryhmä pitää tärkeänä pitkän aikavälin tavoitteena sitä, että 50 % lukio-opiskelijoista suorittaisi keskimäärin 2 opintopistettä korkeakouluopintoja lukion aikana. Tämän tavoitteen sekä lukio-opiskelijoiden tasa-arvoisuuden johdosta työryhmä katsoo tärkeäksi sen, että yhteistyökäytännöissä – etenkin silloin, kun on kyse korkeakouluopinnoista – hyödynnetään paljon digitaalisia ympäristöjä. Suurinta osaa lukiolaisista palvelevat silti vierailut sekä muut kevyen yhteistyön muodot korkeakouluopintojen sijaan. [6]

5.3 Lukioden ja korkeakoulujen yhteistyön mallit

Julkaisussa [6] työryhmä esittää myös erilaisia malleja korkeakoulujen ja lukioiden väliselle yhteistyölle. Lukiolaisen kiinnostusta eri korkeakoulualoihin ja opintoihin voitaisiin lisätä lyhyillä vierailuilla, tapahtumilla tai teemaviikkoon osallistumisella. Nämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi erilaisina korkeakoulukampuksella järjestettävinä messuina, kuten abi-, ura- tai kampuspäivinä, joissa lukiolaiset voisivat käydä. Korkeakouluopiskelijat voisivat myös vierailla lukioissa ja kertoa oman alansa opiskelusta, opinnoista ja työelämämahdollisuuksista. Myös korkeakoulualumnien ja -opettajien lukiovierailut ovat mahdollinen yhteistyön muoto.

Kiinnostusta korkeakouluihin voitaisiin lisätä myös osallistavalla tiedekasvatuksella, jonka

5. YHTEISTYÖN TOTEUTUMINEN

tavoitteena on tiedeosaamisen vahvistaminen kaikilla tieteenaloilla. Tiedekasvatuksella on useita muotoja eri oppimisympäristöissä. Ne voivat olla kurssien ja virtuaaliopetuksen lisäksi korkeakoulun luennoille ja tapahtumiin osallistumista, työelämään tutustumista tai tiedekerhoihin ja -leireihin osallistumista. Näitä tiedekasvatusaktiviteetteja voitaisiin järjestää osana tutkinto-opiskelijoiden omia opintosuorituksia. Lukiolaisille suunnatussa tiedekasvatuksessa on tärkeää tarjota lukiolaisille samaistuttavia roolimalleja, kuten nuoria tutkijoita tai tohtorikoulutettavia. Vierailuista ja toiminnallisista opintokäynneistä on hyötyä opettajienkin kannalta. Opettaja pääsee tarkastelemaan korkeakoulujen tarjoamia työskentelytapoja ja monipuoliset sisällöt laajentavat myös lukion opettajan pedagogista osaamista. [6]

Lukiolaiset voisivat käydä korkeakouluissa opettajan johdolla tai omatoimisesti. He tutustuisivat alan termistöön, toimintaan, tutkimukseen ja henkilöstöön. Vierailu toimisi näyteikkunana alalle ja nykytutkimukselle, mikä auttaa nuorta hahmottamaan tieteenalojen monipuolisuutta, yhteneväisyyksiä ja tavoitteita. Korkeakouluista lukioihin tapahtuvat henkilöstön vierailut voisivat olla toiminnallisia tiedetuokioita tai luentoja, jotka keskittyisivät alan sisältöön tai opiskelu- ja uramahdollisuuksiin. [6]

Alueelliset yhteistyön mallit perustuvat tavalliseen avoimeen korkeakouluopetukseen. Joissakin tapauksissa lukiot voivat lähettää opiskelijoitaan kuuntelemaan opetusta korkeakoulussa, jotta he saisivat käsityksen normaalista korkeakouluopetuksesta. Korkeakoulututkintoihin sisältyvien opintojaksojen koko on usein viisi opintopistettä ja laajuuden vuoksi niitä ei suoritettaisi osana lukion opintojaksoja. Ne hyväksiluettaisiin paikallisiksi opintojaksoiksi sellaisenaan, mikäli opetussuunnitelmassa on tilaa tällaisille paikallisille valinnaisille kursseille. Kuitenkin korkeakoulututkintojen avoimeen korkeakouluopetukseen perustuvilla malleilla voidaan edistää siirtymistä korkeakouluopintoihin ja helpottaa oikean alan valintaa tutustuttamalla opiskelijat sisältöihin ja vaatimuksiin samanlaisena kuin ne esitetään korkeakouluopinnot aloittaneille. Korkeakouluopintojen suorittaminen lukion aikana sujuvoittaa siirtymistä seuraavalle koulutusasteelle ja antaa opintosuorituksia korkeakouluun jo ennen varsinaista tutkinto-opiskelua. [6]

Onko opintosuoritusten suorittaminen ennen tutkinto-opiskelua kuitenkin hyvä asia? Jos lukioaikana suoritettut opintopisteet korkeakouluopinnoista lasketaan ensimmäisen vuoden opintoihin, opiskelija pääsee helpommalla ensimmäisenä yliopistovuotena. Tällöin hän voisi

5. YHTEISTYÖN TOTEUTUMINEN

tehdä vähemmän opintoja saavuttaakseen Kansaneläkelaitoksen vaatiman opintopistemäärän lukukaudessa opintotukensa saamiseksi. Toisaalta jos opintojaksoja ei lasketa ensimmäisen vuoden suorituksiksi, opiskelija joutuu käymään ylimääräisiä tai seuraavan vuosikurssin kursseja opintojen aloitusvuotena.

Korkeakoulun ja yksittäisen lukion välillä voi olla myös tiiviitä kahdenkeskeisiä opetuksen yhteistyön muotoja. Esimerkiksi luonnontiedepainotteisissa lukioissa opetusta on voitu suunnitella yhteistyössä läheisen yliopiston kanssa. On suositeltavaa ryhtyä kahdenväliseen yhteistyöhön niissä tapauksissa, joissa lukiolla on jokin erityistehtävä tai painotus, jota voi tukea tiiviillä yhteistyöllä korkeakoulun kanssa. Kahdenkeskeiset yhteistyön mallit voivat olla hyvin henkilöriippuvaisia, koska esimerkiksi opettajan vaihtumisen myötä myös yhteistyösuhde saattaa loppua. Tällaiset henkilöriippuvuudet voivat aiheuttaa yhteistyön jatkuvuudelle riskejä, minkä takia kahdenvälisestä yhteistyöstä tulisi aina sopia kirjallisesti lukiokoulutuksen järjestäjän ja korkeakoulun välillä. Kirjallinen sopimus varmistaa yhteistyön jatkuvuuden myös henkilöiden vaihtuessa ja mahdollistaa yhteistyön jatkuvan kehittämisen. [6].

5.4 Yhteistyön haasteet

Valtioneuvoston toimeenpanemassa tutkimuksessa *Lukioiden korkeakoulu- ja työelämäyhteistyö* [11] kartoitettiin myös lukion rehtoreiden näkemyksiä yhteistyön toteuttamisen haasteista. Vastanneista 70–80 % pitää lukiolaisille aiheutuvaa lisäkuormitusta, yhteistyön aikataulutusta ja siihen liittyviä seikkoja sekä sijaintiin liittyviä ongelmia haastavina tai erittäin haastavina. Yli 60 % vastasi, että yhteistyön resursointi on haastavaa. Resursointiin liittyvät muun muassa koulutuksen järjestäjän taloudelliset mahdollisuudet, opetushenkilöstön riittävyys ja opetustilat. Lisäksi tutkimuksessa mainittiin, että monet rehtorit nostivat esiin lukion ylioppilaskirjoituskeskeisyyden ja vaativuuden. Heidän mielestään opiskelijat kokevat, että työharjoittelut tai korkeakouluopinnot eivät auta heitä suoriutumaan paremmin ylioppilaskirjoituksissa.

Tutkimukseen sisältyi myös abiturienttien yksilö- ja ryhmähaastatteluita. Abiturientit näkevät korkeakoulu-yhteistyön aikaa vievänä ja vaativana. Lukio-opinnot ovat heidän mielestään jo entuudestaan kuormittavia, joten korkeakouluopintojen suorittamista ei nähdä kuormittavuutensa takia houkuttelevana. Monen mielestä pelkät vierailut ja tutustumis-

5. YHTEISTYÖN TOTEUTUMINEN

käynnit korkeakouluihin ovat riittäviä. Muutamat abiturientit olivat kuitenkin sitä mieltä, että korkeakouluissa suoritettavat opinnot ovat mielenkiintoisia mahdollisuuksia syventää alan tietämystä. [11]

6. Olemassa tai suunnitteilla olevat yhteistyökäytännöt

Opetushallituksen vuonna 2018 julkaisemasta Lukioden ja korkeakoulujen yhteistyökäytäntö –kyselyn tuloksista käy ilmi yhteistyökäytännöt, jotka ovat suunnitteilla tai käytössä. Tuloksissa näkyy myös, mitkä instituutiot tekevät yhteistyötä keskenään ja kuvaukset yhteistyön malleista sekä tavoitteista. Taulukkoon 6.1 on koottu jo olemassa olevia yhteistyökäytäntöjä. Vastaavasti taulukoihin 6.2 ja 6.3 on poimittu samassa järjestyksessä suunnitteilla olevia ja idean tasolla olevia yhteistyökäytäntöjä. Seuraavissa osioissa avataan joidenkin taulukoissa olevien yhteistyökäytäntöjen sisältöjä ja tavoitteita tarkemmin.

Salon lukion, paikallisten yrittäjien ja Turun yliopiston yhteistyönä järjestetty *Tiedelinja* koostuu kahdeksan kurssin suuruisesta opintopaketista, johon sisältyy informaatioteknologiaa, matematiikkaa, fysiikkaa ja kemiaa. Kurssien sisällöt tukevat ja täydentävät lukio-opintoja sekä valmistavat yliopisto-opintoihin. Tiedelinjan opinnot on suunniteltu siten, että lukio-opiskelija voi rakentaa oman opintokokonaisuutensa harrastuneisuutensa, kiinnostuksensa ja opintosuunnitelmansa mukaisesti. Jokaisena lukiovuotena käydään yksi kurssi matematiikkaa ja muut Tiedelinjan kurssit erillisen suunnitelman mukaisesti. Opintojen lopussa opiskelija tekee lopputyön opinnoistaan tai suorittaa työelämää tutustumisjakson. Opinnot sisältyvät lukio-opintoihin eivätkä siis ole ylimääräisiä kursseja. [12]

Aalto-yliopiston ja lukioden sekä peruskoulujen opettajien yhteistyönä järjestetty *Tilaa tutkija tai taiteilija* -yhteistyökäytännön tavoitteena on tukea, edistää ja innostaa lapsia tai nuoria luonnontieteiden, teknologian ja matematiikan sekä taiteiden opintojen pariin. Tutkijat tai taiteilijat järjestävät pienimuotoisen tiede- tai taidetuokion vierailullaan kou-

6. OLEMASSA TAI SUUNNITTEILLA OLEVAT YHTEISTYÖKÄYTÄNTEET

Organisaatio	Yhteistyökäytännön nimi	Yhteistyötä tekevät instituutiot
Suomen Lähilukioidyhdistys	Etukäteen tehtävä yliopistokurssi esim. fysiikkaa Oulun yliopistossa	Sievin lukio ja Oulun yliopisto
Oulun yliopisto	Matematiikan verkkoperuskurssi I ja II	Oulun yliopiston Sovellettu ja laskennallinen matematiikka
Oulun yliopisto	Oulukaverit	Lukiot, Oulun yliopisto ja Oulun yliopiston opiskelijat
Oulunsalon lukio	Kohti korkeakouluopintoja -kurssi	Oulun kaupungin lukiot ja Oulun yliopisto
Suomen Lähilukioidyhdistys	Lukiolaisten tutustuminen tieteen tekemiseen Tuorlan observatoriossa	Paraisten lukio ja Turun yliopiston Tuorlan observatorio
Salon lukio	Tiedelinja	Salon lukio, paikalliset yrittäjät ja Turun Yliopisto
Turun yliopiston tiedekeskus Tuorla	Lukiolaisten tutustuminen tieteen tekemiseen ilmiöpohjaisen opetuksen kautta	Turun yliopiston tiedekeskus Tuorla ja Varsinais-Suomen lukiot
Aalto-yliopisto	Tilaa tutkija / taiteilija (Scientists and Artists in Schools)	Aalto-yliopisto ja kaikki kiinnostuneet opettajat oppilaineen

Taulukko 6.1: Olemassa olevia yhteistyökäytänteitä eri instituutioiden välillä. Tiedot vuodelta 2018. [12]

luluokassa ja esittävät omaa alaansa tai tutkimustaan hausalla ja ymmärrettävällä tavalla. Koulut voivat esittää toiveita vierailun aiheesta tai sopia vierailun aiheen tutkijan tai taiteilijan kanssa. Tutkijan tai taiteilijan voi tilata vierailulle sähköisellä lomakkeella. Vierailut ovat kouluille maksuttomia. [12]

6. OLEMASSA TAI SUUNNITTEILLA OLEVAT YHTEISTYÖKÄYTÄNTEET

6.1 Suunnitteilla olevia käytänteitä

Organisaatio	Yhteistyökäytännön nimi	Yhteistyötä tekevät instituutiot
Lyseonpuiston lukio, Rovaniemi	Lukiotuutori-toiminta	Korkeakoulut ja lukiot
Lyseonpuiston lukio, Rovaniemi	Seksuaalisuuden monet kuvat	Lyseonpuiston lukio ja Lapin yliopiston mediakasvatuksen yksikkö
Lapin AMK	Uraohjauspäivä korkeakouluun	Korkeakoulut ja lukiot
Jyväskylän avoin yliopisto	Näyttöreitti	2. asteen oppilaitos, yliopiston tiedekunta ja avoin yliopisto
Helsingin yliopisto	Minäkö yliopistoon? MOOC-kurssi	Hakijapalvelut, avoin yliopisto ja lukiot
Aalto-yliopisto	Shaking up Tech - tyttöjen päivän tapahtuma	Aalto-yliopisto ja kaikki Suomen lukiot
Lappeenrannan Lyseon lukio	LUTin opetuslaboratorioiden yhteiskäyttö	LUT-yliopisto ja Lappeenrannan lukiot
Suomen Lähilukioyhdistys	Teemaviikko "Metsästä moneksi" osana biolukion ohjelmaa	Konneveden kunta, Konneveden lukio ja Itä-Suomen yliopisto

Taulukko 6.2: Suunnitteilla olevia yhteistyökäytänteitä eri instituutioiden välillä. Tiedot vuodelta 2018. [12]

Kansainvälisenä tyttöjen päivänä 11. lokakuuta järjestettävä *Shaking up Tech* -tapahtuman tavoitteena on innostaa ja kannustaa luonnontieteissä lahjakkaita nuoria naisia hakemaan tekniikan alalle. Tapahtumaan kuuluu esityksiä tekniikan opiskelusta ja tekniikasta urana sekä toiminnallisia työpajoja. Jokaiseen Suomen lukioon lähetetään elokuussa kaksi kutsua, jotka pyydetään välittämään pitkää matematiikkaa lukeville ja luonnontieteissä erinomaisesti menestyville opiskelijoille. Kunkin lukion matemaattisten aineiden opettajat päättävät yhdessä, ketkä saavat kutsun. Kutsuttujen vastuulla on ilmoittautua itse tapahtumaan, johon otetaan mukaan 200 ensimmäistä ilmoittautunutta. Tapahtuma on osallistujille täysin ilmainen eli mahdolliset matka- ja majoituskustannukset korvataan. [12]

Näyttöreitti on vaihtoehtoinen tapa tulla valituksi yliopistoon. Se on osa *Toinen reitti yliopistoon* -hanketta, joka korostaa avoimia yliopisto-opintoja väylänä jatko-opintoihin. Opinnot voidaan suorittaa osana lukio- tai ammattikouluopintoja, ja valinta tutkinto-opiskelijaksi perustuu opintojaksoilla annettuun näyttöön ja osaamiseen. Tavoitteena on

6. OLEMASSA TAI SUUNNITTEILLA OLEVAT YHTEISTYÖKÄYTÄNTEET

mahdollistaa joustava valinta yliopistoon ja nopeuttaa siirtymää toisen asteen opinnoista korkeakouluopintoihin. Hankkeeseen osallistuu osa tiedekunnista tai tutkinto-ohjelmista Helsingin, Oulun, Tampereen, Turun, Itä-Suomen ja Lapin yliopistoista sekä Åbo Akademi. [12]

6.2 Uusia ideoita yhteistyökäytännöille

Organisaatio	Yhteistyökäytännön nimi	Yhteistyötä tekevät instituutiot
Metropolia Ammattikorkeakoulu	Virtuaalikurssi laboratorio-opintoihin	Korkeakoulu ja lukiot
Metropolia Ammattikorkeakoulu	Tieto- ja viestintätekniikkaa sekä robotiikkaa lukiolaisille	Korkeakoulu ja lukiot
Lyseonpuiston lukio	Mikrokontrollerien ohjelmointia täydentämään fysiikan opiskelua	Lyseonpuiston lukio ja Lapin AMK
Kaustisten kunta	Pienen lukion yksilöllinen ratkaisu lukiossa, jonka lähellä ei ole korkeakoulua	Lukio ja korkeakoulut
Helsingin yliopisto	Verkkopalvelujen kehittäminen	Yliopistopalvelut ja lukiot

Taulukko 6.3: Uusia ideoita yhteistyökäytäntöihin. [12]

Lyseonpuiston lukio ja Lapin ammattikorkeakoulu ovat ideoineet yhdessä lukion lehtorin kanssa kuuden viikon mittaisen opintojakson, jossa opiskelijat pääsevät rakentamaan mittalaitteita Arduino-mikrokontrolleria käyttäen. Opetus tapahtuu yhteistyössä Lapin ammattikorkeakoulun kanssa siten, että lukiossa opiskelijoille opetetaan sähkötekniikan perusteet ja peruskomponentit. Ammattikorkeakoulun tiloissa opiskelijat pääsevät itse rakentamaan ja ohjelmoimaan erilaisia Arduino-pohjaisia mittalaitteita. Opintojaksossa opiskelijat tutustuvat ammattikorkeakoulun tiloihin ja toimintaan, mikä voi helpottaa ammattikorkeakouluun siirtymistä. Kurssin toteuttaminen maksaisi opiskelijalle noin 20–50 euroa materiaalihankinnoista johtuen. [12]

Helsingin yliopisto on uudistanut opiskelijoiden ohjeaineistoa ja viestintää koulutusohjelman uudistuksen ohessa. Näistä materiaaleista suurin osa on tehty julkiseksi, joten ne ovat siten avoimia lukiolaisille. Tämän lisäksi Helsingin yliopisto ottaa käyttöön digitaali-

sen opintojen suunnitteluvälineen. Yliopiston tavoitteena on avata väline myös lukiolaisten käyttöön, jolloin he voivat tutkia koulutusohjelmien rakenteita. He pääsevät tutustumaan opetustarjontaan kurssitasolla, mikä mahdollistaa korkeakouluopintosuunnitelman teon jo lukio-opintojen aikana. Suunnitelma toteutetaan aikaisintaan vuonna 2020. [12]

6.3 Oulun yliopiston tarjoamat vierailut lukiolaisille ja koululaisille

Oulun yliopisto tarjoaa mahdollisuuksia tutustua yliopistoon ja eri tieteenaloihin syvällisemmin. Vierailun pystyy varaamaan joko kampusesittelynä, jossa monialaisen opiskelijatiimin jäsen kertoo yleisesti Oulun yliopiston koulutusaloista, tai koulutusalaakohtaisena esittelynä, jossa alan opiskelija kertoo oman alansa opiskelusta, uramahdollisuuksista sekä tutkinto-ohjelmista. Lääketieteellisen ja biokemian alojen esittelyt järjestetään Kontinkankaan kampuksella ja muiden alojen esittelyt järjestetään Linnanmaan kampuksella. Oulun yliopisto tarjoaa myös työpajoja, demonstraatioita ja tutkijoiden esittelyjä. Kohdeikäryhmät vaihtelevat varhaiskasvatusta lukioikäisiin. Humanistisilla ja yhteiskuntatieteellisillä aloilla, kasvatustieteillä ja kauppa-, hallinto- ja oikeustieteillä ei ole vielä vastaavaa tarjontaa. Osa vierailumuodoista on maksullisia. [13]

6.3.1 Luonnontieteiden alat

Luonnontieteellisillä aloilla esittelyjä, demonstraatioita, työpajoja, laboratoriotöitä tai vierailuja tarjotaan biokemian ja kemian alalla, matemaattisilla tieteillä, sovelletulla matemaatiikalla, NANOMO:lla ja tähtitieteellä.

Tällä hetkellä kemian alalla tarjotaan kaikkia edellä mainittuja yhteistyömuotoja. Kemian teemoina ovat yleinen ja epäorgaaninen kemia, soveltava kemia sekä laboratoriotyöt. Laboratoriotyönä on raudan määrittäminen spektrofotometrisesti, mikä on tarkoitettu toisen asteen opiskelijoille. Laboratoriotyöt ovat maksullisia.

Matemaattiset tieteet tarjoavat myös aiemmin mainittuja yhteistyökäytänteitä varhaiskasvatusta lukioikäisille. Teemoina ovat muun muassa koodausteoria ja salausmenetel-

6. OLEMASSA TAI SUUNNITTEILLA OLEVAT YHTEISTYÖKÄYTÄNTEET

mät, ongelmanratkaisu, laskennallinen matematiikka, datatiede, tilastotiede, epidemiologia, kvantitatiivinen genetiikka ja biostatistiikka. Sovelletulla matematiikalla on tarjolla demonstraatioita, esittelyjä ja vierailuja, joiden teemoina ovat matematiikan ja musiikin yhteys, matematiikan ja arkkitehtuurin yhteys, matemaattinen mallinnus ja erilaiset laskentaohjelmistot. Kohderyhmänä on lukiolaiset.

Nano- ja molekyyliysteemien tutkimusyksikkö NANOMO tarjoaa esittelyjä ja vierailuja, joiden teemoina ovat ilmasto, ilmastomuutos ja ilmansaasteet. Kohderyhmä on yläkouluikäisistä lukioikäisiin. Tähtitiede tarjoaa vierailuja, alan esittelyjä ja demonstraatioita, joiden teemoina ovat tähtitiede, avaruus, galaksit ja kosmologia. Ikähaarukka on alakouluikäisistä lukioikäisiin. [13]

6.3.2 Lääketieteet ja tekniikka

Ympäristöterveyden ja keuhkosairauksien tutkimuskeskus CERH tarjoaa toisen asteen opiskelijoille ympäristöterveyteen ja kansanterveyteen liittyviä demonstraatioita, esittelyjä ja kouluvierailuja. Tekniikan ala tarjoaa yläkoululaisille ja toisen asteen opiskelijoille demonstraatiota, esitelmiä sekä kouluvierailuja prosessimetallurgiaan liittyen. Teemoina ovat prosessitekniikka, raudan- tai teräksenvalmistus, ympäristötekniikka, kemian teolliset sovellukset, kiertotalous ja kestävä kehitys teollisuudessa. [13]

6.3.3 Tietojenkäsittely ja tietotekniikka

Tietojenkäsittelyllä ja tietotekniikalla yhteistyötä järjestää digitaalisen pienvalmistuksen laboratorio FABLAB, INTERACT -tutkimusryhmä ja optoelektroniikan ja mittaustekniikan yksikkö OPEM. INTERACT tarjoaa työpajoja, demonstraatiota, alan esittelyä ja kouluvierailuja varhaiskasvatus-, koulu- ja lukioikäisille. Teemoina ovat teknologia, tietotekniikka, muotoilu, ohjelmointi ja naiset IT-alalle. FABLAB tarjoaa työpajoja ja esittelyjä yliopistolla varhaiskasvatusikäisistä lukioikäisille. Teemoina ovat ICT ja digitaalinen valmistus. OPEM tarjoaa valoon ja optiikkaan liittyviä demonstraatiota, alan esittelyä, työpajoja ja vierailuja yläkoulu- ja lukioikäisille. [13]

6.3.4 Muut vierailukohteet ja tapahtumat

Oulun yliopistolla voi myös vierailla kasvitieteellisessä puutarhassa ja syksyllä 2020 avattavassa tiedepuutarhassa. Kasvitieteelliseen puutarhaan on toistaiseksi vapaa pääsy, mutta ryhmille suunnatut opastetut kierrokset ovat maksullisia. Oulun yliopistossa on myös tiedepuutarha, jossa tiede, kestävä kehitys, vihreät yritykset ja vierailijat kohtaavat. Tiedenäytelyssä esitellään tutkimusprojekteja eri alueilta ja tiloissa voi tutustua myös virtuaaliseen *showroomiin*, joka esittelee vähähiilisiä yrityksiä.

Kasvitieteelliseen puutarhaan ja Oulun yliopistoon voi tutustua myös pelaamalla. *Seppo*-oppimispelialustalle on tällä hetkellä tarjolla kaksi peliä: *Oppimismatka ulkopuutarhalla* ja *Kasvihuoneseikkailu*. *Oppimismatka ulkopuutarhalla* -peli on suunniteltu peruskoulun maantiedon opetussuunnitelman mukaisesti yläkouluikäisille. Peliin liittyy karttojen tulkitsemista, paikkatietoa, geomediala sekä karttoja ja mittakaavoja. *Kasvihuoneseikkailu* perustuu myös maantiedon opetussuunnitelmaan, jossa tutustutaan ilmasto-kasvillisuusvyöhykkeisiin, karttojen lukemiseen ja tulkitsemiseen, ihmisen ja luonnon vuorovaikutukseen ja ympäristön tilaan, kestäväan kehitykseen sekä hyöty-, raha- ja ravintokasveihin. [14]

Oulun yliopistossa järjestetään vuosittain *Abipäivät* lukiolaisille ja ammattiopistoissa opiskeleville. Tapahtuma tarjoaa nuorille mahdollisuuksia tutustua monitieteiseen koulutustarjontaan. *Abipäivillä* aloja esitellään luentosaleissa henkilökunnan johdolla. Tämän lisäksi vierailijat pääsevät tutustumaan eri oppiaineisiin yliopisto-opiskelijoiden pitämällä esitelypisteillä. [13]

6.3.5 Kurssitarjonta

Lukiolaisille tarkoitettuja yliopisto-opintoja järjestetään Oulun avoimen yliopiston kautta. Avoimessa yliopistossa tutustutaan yliopisto-opintoihin opiskelemalla tutkintoihin kuuluvia opintokokonaisuuksia tai opintojaksoja iästä tai koulutustaustasta riippumatta. Opiskelijalla on mahdollisuus hakea tutkinto-opiskelijaksi suoritettujen opintojen perusteella. Yliopiston opiskelijavalinnat tehdään kuitenkin tutkinto-ohjelman valintaperusteiden mukaisesti. Avoimessa yliopistolla on tarjolla maksuttomia kursseja useilta eri aloilta, joista suurin osa järjestetään verkko-opintoina. Taulukossa 6.4 on listattu vuoden 2020–2021

6. OLEMASSA TAI SUUNNITTEILLA OLEVAT YHTEISTYÖKÄYTÄNTEET

Humanistiset ja yhteiskuntatieteelliset alat	Johdanto latinan kieleen, 2 op Digitaaliset kulttuurit: Digitaalinen kulttuuriperintö, 2 op* Digitaaliset tutkimusmenetelmät ihmistieteissä: GIS menetelmänä, 2 op* Näkökulmia suomen kieleen, 2 op*
Kasvatusalat	Johdatus erityiskasvatuksen perusteisiin, 2 op* Johdatus kasvatustieteen perusteisiin, 2 op*
Kauppa-, hallinto- ja oikeustieteet	Boosti yrittäjyyteen, 2 op*
Luonnontieteelliset alat	Ilmastonmuutoksen torjuntaa yksilötasolla, 2 op*
Lääketieteet	Hampaiston ja suun terveys, 2 op*
Tekniikka	Aine- ja energiataseet I, 2 op*
Tietojenkäsittelytiede ja tietotekniikka	Kurkistus ICT-alaan, 2 op* Tietoturva, 5 op* Ohjelmistoliiketoiminnan perusteet, 5 op* Digitaalisen valmistuksen perusteet, 5 op
Teknillinen matematiikka	Matematiikan peruskurssi II, 5 op* Differentiaaliyhtälöt, 5 op*

Taulukko 6.4: Oulun avoimen yliopiston kurssitarjonta lukuvuonna 2020–2021. Tähdellä merkityt kurssit järjestetään verkko-opintoina.

osa kurssitarjonnassa Oulun avoimessa yliopistossa. Lukiolaiset voivat ilmoittautua muihin avoimen yliopiston tarjoamiin opintojaksoihin. Tällöin avoin yliopisto voi laskuttaa oppilaitosta. Yhden opintopisteen hinta opiskelijaa kohden on 15 euroa. [15]

7. Korkeakouluyhteistyön vaikutukset

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan tutkimuksessa *Lukioiden korkeakoulu- ja työelämäyhteistyö* on kerätty vuoden 2019 syksyllä tehtyjä korkeakouluyhteistyöhön ja opiskeluun liittyviä haastatteluita Turun ja Jyväskylän seudun lukioiden opinto-ohjaajilta, opettajilta ja abiturienteilta. Yleisesti tutkimuksessa haluttiin selvittää, miten lukiot pysyvät vastaamaan uuden lukiolain asettamiin velvoitteisiin ja tavoitteisiin. Haastatteluihin osallistui neljästä lukiosta yhteensä noin 40 abiturienttia, kahdeksan opettajaa ja kuusi opinto-ohjaajaa. Osa abiturienttien haastatteluista toteutettiin ryhmähaastatteluina. Kirjoittajat myös lähettivät lukioiden rehtoreille kyselyn liittyen korkeakouluyhteistyön vaikutavuuteen ja laajuuteen. Haastatteluiden ja rehtorikyselyn lisäksi tutkimuksessa on hyödynnetty opiskelun ja koulutuksen tutkimussäätiön lukiolaisbarometria vuodelta 2019. [11]

7.1 Rehtorien näkemykset

Tutkimuksen kysely toteutettiin verkkokyselynä yhteistyössä Opetushallituksen kanssa. Kysely lähetettiin 381 lukion rehtoreille, joista 159 vastasi kyselyyn. Eniten vastauksia saatiin Uudenmaan ja Varsinais-Suomen lukioista. Tämän opinnäytetyön kannalta relevantti rehtorikyselyn tavoite oli selvittää, millaista yhteistyötä lukiot tekevät korkeakoulujen kanssa. Tämän lisäksi selvitettiin, mitä haasteita yhteistyöhön liittyy uuden lukiolain näkökulmasta sekä miten yhteistyötä tulisi kehittää, jotta jatkokoulutukseen siirtyminen sujuvoituisi. [11]

Kyselyn tuloksista selvisi, että korkeakouluyhteistyötä toteutti säännöllisesti noin 54 % vastanneista lukioista. Noin 41 % lukioista teki korkeakouluyhteistyötä satunnaisesti, ja loput

7. KORKEAKOULUYHTEISTYÖN VAIKUTUKSET

viisi prosenttia ei tehnyt yhteistyötä lainkaan. Säännöllistä yhteistyötä tehneistä korkea-
kouluista noin 29 % on tehnyt yhteistyötä jo ennen vuotta 2000, noin 30 % on aloittanut
yhteistyön vuosien 2000–2009 välillä ja 27 % vuoden 2010 jälkeen. Yliopistojen kanssa sään-
nöllistä yhteistyötä teki 46 % lukioista ja ammattikorkeakoulujen kanssa 39 %. Lähes kaikki
vastanneet lukiot tekivät kuitenkin jonkinlaista yhteistyötä korkeakoulujen kanssa. [11]

Korkeakouluyhteistyö	Prosenttiosuus vastanneista
Abipäivä, uraohjauspäivä tai vastaava	96,9
Korkeakouluopiskelijoiden vierailut lukioon	96,2
Lukion opettajien tai opinto-ohjaajien vierailut korkeakouluun	77,4
Muu vierailu kampuksella (esim. vierailut luennolla)	74,8
Alumnien vierailut lukiossa	54,1
Korkeakouluopettajien tai muun henkilökunnan vierailut lukioon	52,2
Avoimen yliopiston tai ammattikorkeakoulun kurssi, joka voidaan hyväksyä lukion kurssiksi tai osaksi sitä	39,6
Korkeakoulun kanssa toteutettava lukion kurssi	36,5
Henkilöstö kehittäminen korkeakoulun kanssa (esim. koulutukset, yhteiskehittämistapaamisen yms.)	36,5
Korkeakoulun kanssa toteutettava opintojakso, joka on osa lukion kurssia	32,1
Avoimen yliopiston tai ammattikorkeakoulun kurssi, josta saa opintopisteitä	28,9
Orientaatio- tai kurkistuskurssi, joka ei ole osa lukion kurssia	25,2
Orientaatio- tai kurkistuskurssi, joka on osa lukion kurssia	23,3
Yhteiset projektit tai opintojaksot korkeakoulun tai korkeakoulun opiskelijoiden kanssa	18,9

Taulukko 7.1: Lukioden ja korkeakoulujen yhteistyömuodot [11].

Suurin osa toteutuneesta korkeakouluyhteistyöstä oli jonkinlaisia vierailuja. Lähes kaikki
vastanneista lukioista kävivät korkeakoulujen abi- ja urapäivillä sekä järjestivät muunlaisia

7. KORKEAKOULUYHTEISTYÖN VAIKUTUKSET

opiskelijoiden tai opettajien vierailuja korkeakouluihin. Keskimäärin kolmasosalla lukioista oli käytäntönä jonkinlainen korkeakoulun kanssa yhteistyössä toteutettava opintojakso tai avoimia korkeakouluopintoja osana lukion oppimäärää. Yhteistyössä toteutettava opintojakso voi olla osana lukion kurssia. Noin neljäsosa tarjosi korkeakoulun orientaatio- tai kurkistuskurssin, joka joko on tai ei ole osa lukion kurssia. Kurkistuskurssin tavoitteena on kasvattaa lukiolaisten tietämystä korkeakoulusta ja siellä opiskelusta. Tutkimuksen mukaan yli 70 % lukioista teki sellaista yhteistyötä, josta lukiolainen saa kurssisuorituksia. [11]

Taulukosta 7.2 nähdään, että suurin osa kurssityyppisestä yhteistyöstä toteutettiin jollain tavalla korkeakoulun tiloissa. Siihen verrattuna vain pieni osa kursseista järjestettiin lukion tiloissa. Muussa tapauksessa kurssit toteutettiin verkko-opintoina. [11]

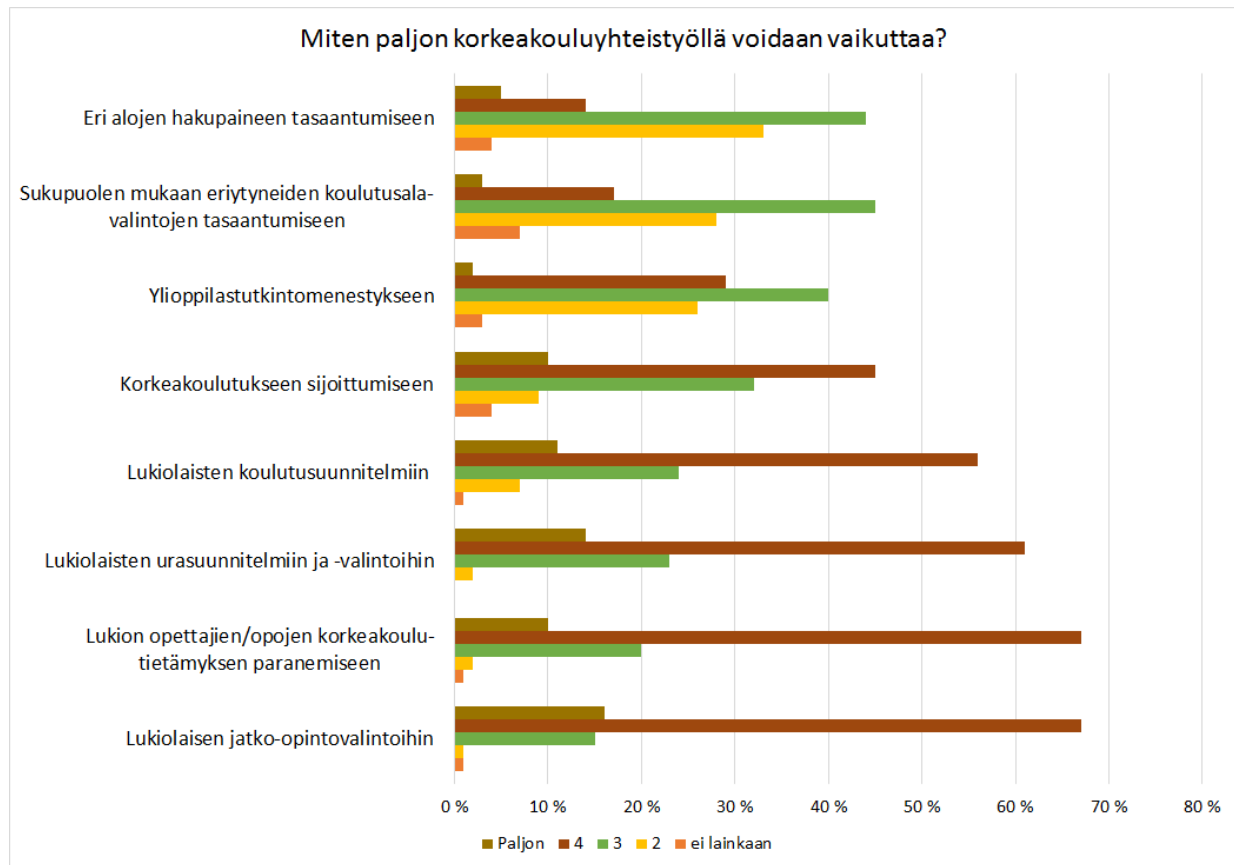
Korkeakouluyhteistyön toteutustavat	Prosenttiosuus vastanneista
Kurssi, jossa hyödynnetään korkeakoulun tiloja ja opetuksesta vastaavat lukion ja korkeakoulun opettajat yhdessä	31,4
Lukion kurssi tai sen osa, joka toteutetaan yhdessä korkeakoulun kanssa verkko-opintoina	28,3
Lukion kurssi tai sen osa, jossa hyödynnetään korkeakoulun tiloja ja opetuksesta vastaa korkeakoulun opettaja	26,4
Lukion tiloissa järjestettävä kurssi tai sen osa ja opetuksesta vastaa korkeakoulun ja lukion opettaja	23,9
Lukion kurssi tai sen osa, jossa hyödynnetään korkeakoulun tiloja ja opetuksesta vastaa lukion opettaja	22,6
Lukio itse toteuttaa kurssin, jossa hyödynnetään korkeakoulun oppimateriaaleja	20,1
Lukion tiloissa järjestettävä kurssi tai sen osa ja opetuksesta vastaa korkeakoulun opettaja	11,9
Muunlainen korkeakouluyhteistyön toteutustapa	9,4

Taulukko 7.2: Korkeakoulujen kanssa toteutettu yhteistyö [11].

Kyselyn vastauksista selviää, että yhteistyön toteuttaminen on haastavinta paikkakunnilla, joiden lähellä ei ole korkeakoulua. Myös suurissa lukioissa korkeakouluyhteistyö näyttää olevan helpompaa kuin pienissä lukiossa. Etenkin suurissa lukioissa järjestetään enemmän kursseja tai opintojaksoja sekä luento- tai alumnivierailuja korkeakoulun kanssa. Abi- tai uraohjauspäivillä käyvät lähes kaikki lukiot koosta riippumatta. [11]

Kyselyssä rehtoreilta myös kysyttiin, miten paljon korkeakouluyhteistyöllä voidaan vaikut-

7. KORKEAKOULUYHTEISTYÖN VAIKUTUKSET



Kuva 7.1: Miten paljon korkeakouluyhteistyöllä voidaan vaikuttaa? [11]

taa lukiolaisten jatko-opihintoihin ja työuraan tai -suunnitelmiin. Vastaukset sijoittuvat asteikolle 1–5, jossa 1 tarkoittaa "ei lainkaan" ja 5 tarkoittaa "paljon". Kysymyksen tulokset on esitetty kuvassa 7.1. Rehtoreiden mielestä eniten voidaan vaikuttaa lukiolaisten jatko-opintoihin ja urasuunnitelmiin liittyviin valintoihin sekä lukiolaisten koulutussuunnitelmiin. Yhteistyön arvioidaan vaikuttavan vähiten ylioppilastutkintomenestykseen, eri alojen hakupaineen tasaantumiseen ja sukupuolisesti eriytyneiden koulutusalojen tasaantumiseen. Korkeakoulutukseen sijoittumiseen vaikutuksen nähdään olevan kohtalainen. [11]. Uudessa opetussuunnitelmassa listattujen tavoitteiden näkökulmasta on hyvä asia, että lukioden rehtorit näkevät yhteistyöllä olevan positiivisia vaikutuksia lukiolaisten jatko-opintosuunnitelmiin.

7.2 Opettajien, opinto-ohjaajien ja abiturienttien näkemykset

Suurin osa haastatelluista abiturienteista tiesi, mille alalle he aikoivat hakeutua lukion jälkeen. Selvästi vähemmistö abiturienteista ei vielä tiennyt alavalinnoistaan, mutta he olivat kuitenkin poissulkeneet alat, jotka eivät kiinnosta heitä. Puolet Jyväskylässä haastatelluista abiturienteista oli tehnyt jatko-opintopäätöksiä ja puolet poissulkeneet epäkiinnostavat alat. Kuitenkin enemmistö haastatelluista tähtäsi yliopisto-opintoihin, etenkin lääke-, kauppa- ja oikeustieteellisille aloille. Vain muutama harkitsi myös ammattikorkeakoulupintoja. [11]

Haastatellut abiturientit tunnistivat melko huonosti, millaista työelämä- tai korkeakouluyhteistyötä heidän lukiossaan toteutetaan. Turussa abiturientit kertoivat yhteistyön painottuvan tutustumisiin ja esittelyihin. Eräs lukiolainen esittikin toiveen, että korkeakouluyhteistyötä voisi olla enemmän. Sekä Turun että Jyväskylän abiturientit toivoivat myös korkeakouluyhteistyöhön käytännön näkemyksiä korkeakouluopiskelusta eli siitä, millaista opiskelu korkeakoulussa oikeasti on. Vajavaiset tiedot korkeakouluopiskelusta vaikuttavat oman alan valintaan. Erä lukiolainen kertoi, että vaikka hän olikin pärjännyt lukiossa hyvin, hänellä ei ollut käsitystä siitä, pärjäisikö korkeakouluopinnoissa. Oman alansa valinnasta epävarmat abiturientit kokivat tutustumisien ja esittelyiden olleen hyödyllisiä alan valinnan suhteen. Jotkut taas kokivat, että yhteistyön lisääminen, esimerkiksi erillisten kurssien muodossa, aiheuttaisi liikaa lisäsuorituksia ja veisi liikaa aikaa. Yhteistyömuodoilla on siis ollut lopulta melko vähän vaikutusta abiturienttien jatko-opintovalintoihin, mikä tukee lukiolaisbarometrin 2019 tuloksia. [11]

Opettajien ja opinto-ohjaajien haastattelut painottuivat lukioissa tapahtuviin uudistuksiin sekä korkeakouluyhteistyön lisäämiseen ja toteuttamisen haasteisiin. Tämän jälkeen selvitetiin yhteistyökäytänteitä, siihen osallistumisen haasteita ja sen vaikuttavuutta. Opettajien ja opinto-ohjaajien mielestä uudessa lukiolaissa ja opetussuunnitelman perusteissa asetetut tavoitteet korkeakoulu- ja työelämäyhteistyön lisäämiseksi olivat periaatteessa hyviä. Nuorien mahdollisuus saada tietoa jatko-opinto- ja uravalinnoistaan nähtiin hyvänä asiana, mutta käytännön toteuttamisessa ajateltiin olevan haasteita. Haastateltujen mukaan uudistuksissa on unohdettu lukiolaisen näkökulma asioista ja myös se, että edelliset uudistukset, kuten sähköiset ylioppilaskokeet, korkeakoulujen opiskelijavalinnat ja ensiker-

7. KORKEAKOULUYHTEISTYÖN VAIKUTUKSET

talaisuuskiintiö, ovat lisänneet nuorten paineita. Eräs opinto-ohjaaja pohtikin, ovatko kaikki uudistukset vaivan arvoisia. Hänen mukaansa nuori ei pysty löytämään omaa paikkaansa silloin, kun koulutusjärjestelmä sitä edellyttäisi ja välivuoden pitäminen auttaisi etsinnässä. Haastatteluissa opettajat ja opinto-ohjaajat ajattelivatkin, että lukiolaisilta vaadittaisiin uudistusten myötä liikaa. [11]

8. Tutkimusprojekti

Tällä hetkellä Oulun yliopisto ei tarjoa fysiikan osalta lukioille mahdollisuuksia työskentel-
lä fysiikan laboratoriossa. Koska lukio-opetus keskittyy vahvasti ylioppilaskirjoituksiin val-
mistautumiseen, kokeellinen työskentely jää vähäiseksi ellei lukio tarjoa erillistä työkurssia
fysiikassa. Kokeellinen työskentely on olennainen osa fysiikan ilmiöiden ymmärtämistä ja
fysikaalisten teorioiden paikkansapitävyyden tutkimista. Tästä syystä yliopiston fysiikan
opiskelussa laboratoriotyöskentely on suuressa roolissa. Tässä luvussa ehdotamme uutta
yhteistyökäytäntöä Oulu yliopiston ja sen lähilukioiden välille. Se koostuu kolmesta labo-
ratoriotyöstä, jotka tutustuttavat lukiolaiset yliopiston opetuslaboratoriossa työskentelyyn
ja fysiikan sovelluksiin.

8.1 Tavoitteet

Tutkimusprojektimme tavoitteena oli luoda lukion ensimmäisen ja toisen vuosikurssin fy-
siikan opiskelijoille fysiikan laboratoriotöitä, joita he voisivat opettajajohtoisesti käydä te-
kemässä Oulun yliopiston fysiikan opetuslaboratoriossa. Lisäksi tavoitteena oli kehittää yh-
teistyötä Oulun yliopiston ja lukioiden kannalta niin, että lukio-opiskelija saisi paremman
käsityksen, millaista työskentely on oikeassa laboratoriossa. Katsomme myös, että työsken-
tely yliopiston laboratoriossa tarjoaa lukiolaisille mielenkiintoisia ja haastavia kokemuksia
tieteen tekemisestä. Koemme hyödylliseksi sen, että työt antavat opiskelijoille mahdollisuu-
den syventää fysiikan tietämystä.

Suunnittelimme työohjeet, mittauspöytäkirjat ja malliraportit yhteensä kolmeen laborato-
riotyöhön. Laboratoriotöistä kaksi työtä laadittiin jo valmiiksi olemassa olevien työohjei-

den pohjalta, joita käytetään Oulun yliopiston Fysiikan laboratoriotyöt 1 ja 2 -kursseilla. Jo valmiiksi olemassa olevia töitä helpotettiin niin, että ne sopisivat lukion fysiikan sisältöön. Esimerkiksi laboratoriotöissä on helpotettu virhearviointia ja yksinkertaistettu ja lyhennetty teoriaosioita.

Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2019 [9] on lueteltu yleiset tavoitteet, jotka fysiikan opetuksen tulee saavuttaa. Tavoitteet on jaettu kolmeen eri kategoriaan: *merkitys, arvot ja asenteet, tutkimisen taidot ja fysiikan tiedot ja niiden käyttäminen*.

Suunnittelimme laboratoriotyöt tukemaan näitä tavoitteita. Opiskelijat pääsevät tutustumaan syvällisemmin virhearviointiin heiluriin ja diffraktioilmiöön liittyvissä töissä. Laboratoriotöistä tehdään opettajalle raportit, joiden lopussa opiskelijan tulee pohtia omia mittaustuloksiaan. Lisäksi korkeakouluyhteistyönä toteutettu laboratorio-opetus mahdollistaa opiskelijoiden tutustumisen laboratoriossa työskentelyyn, mikä puolestaan helpottaisi siirtymistä lukion fysiikasta yliopistotason opiskeluun. Seuraavaksi käsittelemme tutkimusprojektimme kannalta relevantit opetussuunnitelman tavoitteet jokaisesta kategoriasta ja perehdymme siihen, miten ne toteutuvat tutkimusprojektimme laboratoriotöissä.

8.1.1 Merkitys, arvot ja asenteet

Yksi tämän kategorian tavoitteista on, että opiskelija "saa mahdollisuuksia perehtyä fysiikan sovelluksiin vierailujen, korkeakouluyhteistyön tai työelämäyhteistyön kautta paikallisella tai kansainvälisellä tasolla"[9]. Tutkimusprojektimme on suunnattu lukiolaisille, jotka suorittavat suunnittelemamme laboratoriotyöt Oulun yliopiston fysiikan opetuslaboratoriossa. Näin lukion opiskelijat pääsevät perehtymään muun muassa siihen, miten monokromaattisen valon ja kapean esteen synnyttämää diffraktikuviota voidaan hyödyntää esteen – esimerkiksi ihmisen hiuksen – leveyden määrittämisessä. Opiskelijat näkevät myös, miten Maan putoamiskiihtyvyyden voi määrittää yksinkertaista heiluria käyttäen. Tämä avartaa opiskelijan käsitystä siitä, miten tieteellistä tietoa tuotetaan ja kuinka yksinkertaisilla välineillä voidaan mitata perustavanlaatuisia suureita.

Toinen relevantti tavoite on, että opiskelija "saa riittävät jatko-opintovalmiudet luonnon-

tieteellisille ja fysiikkaa soveltaville aloille"[9]. Tutkimusprojektimme on suunniteltu siten, että se auttaisi lukion opiskelijoita näkemään jo lukioaikana sen, millaista fysiikan laboratoriotyöskentely ja töistä raportointi on yliopistossa. Pyrimme myös syventämään lukiossa saatua fysiikan tietämystä, jotta he saavat käsityksen yliopistofysiikasta. Näkemyksemme on, että tämä valmistaa opiskelijoita mahdollisiin tuleviin fysiikan opintoihin, koska heillä on jo lukiosta valmistuessaan kokemusta yliopistossa työskentelystä.

8.1.2 Tutkimisen taidot

Tutkimisen taitojen tavoitteet on asetettu seuraavasti: "Opiskelija ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa, osaa muodostaa kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä ja kehittää kysymyksiä edelleen tutkimusten, ongelmanratkaisun tai muun toiminnan lähtökohdiksi, osaa suunnitella ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa, tunnistaa virhelähteiden vaikutuksen mittauksiin, osaa käsitellä, tulkita ja esittää tutkimusten tuloksia sekä arvioida niitä ja koko tutkimusprosessia"[9]. Tutkimusprojektimme tukee näitä tavoitteita siltä osin, että esimerkiksi yksinkertaista heiluria käyttäen voidaan määrittää Maan putoamiskiihtyvyyttä, mikä tukee ymmärrystä tieteellisen tiedon tuottamisesta. Heiluri- ja diffraktiotöissä opiskelija pääsee analysoimaan mittaustensa tarkkuutta virhearvioinnin keinoilla, mikä auttaa opiskelijaa tunnistamaan virhelähteiden vaikutusta mittauksiin sekä ymmärtämään tieteellisen tiedon luonnetta esimerkiksi siltä osin, etteivät mittaukset voi koskaan olla absoluuttisen tarkkoja.

Opiskelija pääsee analysoimaan tekemiensä mittausten tuloksia ja arvioimaan niiden luotettavuutta kirjoittaessaan raporttia tehdystä laboratoriotyöstä. Analysoinnin ja arvioinnin tueksi olemme laatineet malliraportit, joissa on esimerkkejä suoritettavista laskutoimituksista ja lopputulosten virheiden arvioinnista. Malliraportit ohjaavat opiskelijaa myös oikeanlaiseen tieteellisen tiedon esittämiseen ja tieteellisen tekstin tuottamiseen.

Työohjeiden lopussa on opiskelijalle suunnattuja kysymyksiä ja ennakotehtäviä, joiden pyrkimyksenä on herättää opiskelija esittämään omia kysymyksiä työstä sekä ajattelemaan työn teoriaa ja tutkimusprosessia tarkemmin. Tavoitteena on, että opiskelija oppii tutkimi-

sen taitoja ja kriittistä ajattelua.

8.1.3 Fysiikan tiedot ja niiden käyttäminen

Opetussuunnitelman perusteiden fysiikan taitoihin ja niiden käyttämisen tavoitteisiin on asetettu, että opiskelija osaa ilmaista johtopäätöksiä ja näkökulmia fysiikalle ominaisilla tavoilla, muodostaa, tulkita ja arvioida malleja sekä käyttää niitä ja simulaatioita ilmiöiden kuvaamiseen ja ennusteiden tekemiseen, jäsentää käsitystään luonnon rakenteista ja ilmiöistä fysiikan avulla sekä käyttää fysiikan keskeisiä käsitteitä johdonmukaisesti oikeissa yhteyksissä. Opiskelija osaa myös käyttää asianmukaisia ohjelmia laskennalliseen graafiseen laskemiseen, mallintamiseen ja tulosten ilmaisemiseen sekä käyttää monipuolisia tietolähteitä ja arvioida niitä kriittisesti fysiikan tietojensa avulla. Lisäksi tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää fysiikan ilmiöt ja periaatteet teknologisten sovellusten taustalla [9].

Laboratoriotöissä opiskelija pääsee vertailemaan eri tietolähteistä löytyviä arvoja mittauksilleen ja siten arvioimaan omia mittaustuloksiaan. Esimerkiksi diffraktiotyö auttaa jäsentämään käsitystä luonnon rakenteista etenkin valon käyttäytymisen osalta. Lisäksi raporttien tuottamisen ja tulosten käsittelyn yhteydessä opiskelija pääsee kehittämään osaamistaan eri ohjelmistojen avulla.

8.2 Käytännön toteutus

Ennen laboratorioon saapumista opiskelijat perehtyvät lukion fysiikan opettajan kanssa laboratoriotöissä ilmeneviin sisältöihin. Laboratoriotöiden suunnittelun ja valmistelun lisäksi tutkimusprojektiin sisältyi olennaisena osana malliraporttien kirjoittaminen. Malliraportteista näkee, miten fysiikan laboratoriotöiden raportteja kirjoitetaan yliopistossa sekä sen, miten kunkin työn mittaustuloksia voidaan käsitellä tutkimusasetelman kannalta järkevällä ja hyödyllisellä tavalla. Opiskelijat tutustuvat oppitunneilla opettajajohtoisesti työohjeeseen sekä malliraporttiin ennen työn suoritusta. Tilanteen salliessa he voivat myös tehdä esimerkkimittauksia työn suorituksen sujuvoittamiseksi.

Laboratoriotöiden suorittamiseen varataan aikaa neljä tuntia. Laboratorioon saapumisen jälkeen opiskelijat perehdytetään laboratorion yleisiin turvallisuusohjeisiin. Sen jälkeen opiskelijat siirtyvät ennalta sovituissa ryhmissä työpisteille, joissa ohjaajat opastavat heitä laitteiden käyttöön ja mittausten suorittamiseen. Ohjaajat esittävät opiskelijoille työhön liittyviä kysymyksiä, joilla pyritään herättämään motivaatiota oppimiseen ja työskenteleeseen. Kun opiskelijaryhmä tai -pari on suorittanut mittaukset, mittaustulokset esitetään ohjaajalle. Jos mittaustulokset ovat järkeviä, ohjaaja allekirjoittaa tai leimaa mittauspöytäkirjan sekä ohjeistaa tulosten käsittelyssä. Opiskelijat siirtyvät seuraavalle työpisteelle sen vapautuessa. Kun kaikki ryhmät ovat suorittaneet mittaukset, ohjaajat esittävät opiskelijoille kysymyksiä työn hyödyllisyydestä, haastavuudesta ja mielekkyydestä. Näin saadaan kartoitettua, kuinka hyvin kyseisen järjestely toimii käytännössä opiskelijoiden näkökulmasta.

Ryhmän opettaja asettaa opiskelijoille raporttien palautukselle hyväksi näkemänsä palautuspäivämäärän. Opettaja tarkistaa, pisteyttää ja arvioi oppilaiden raportit ja lähettää ne vielä ohjaajille analysoitavaksi. Analysoinnin tarkoituksena on kartoittaa, kuinka laboratoriotyöt ovat sujuneet, onko niiden suorituksessa tai ohjeistuksessa ollut puutteita ja yleiskuvaa töiden haastavuudesta.

8.3 Laboratoriotyö 1: Resistanssimittauksia

Työohje, malliraportti ja mittauspöytäkirja ovat tutkielman liitteissä A-C. Työ on suunniteltu lukion ensimmäisen vuosikurssin opiskelijoille. Työn esitietovaatimuksena on lukion fysiikan kolmannen kurssin sisältö. Tavoitteena on määrittää eri vastuksien resistanssit kahdella eri menetelmällä ja verrata menetelmiä keskenään. Ensiksi resistanssit mitataan suoraan digitaalisella yleismittarilla. Toiseksi mitataan virtapiirissä kulkeva virta ja vastuksessa tapahtuva jännitehäviö. Tällöin resistanssit saadaan laskettua Ohmin laista. Lopuksi määritetään yleismittarien sisäiset resistanssit hieman muokattua kytkentää käyttäen.

Lukion fysiikan kolmannella kurssilla opitaan hieman paristojen sisäisestä resistanssista. Tässä työssä laajennetaan sisäisen resistanssin käsite myös digitaaliseen yleismittariin. Opiskelijat oppivat myös soveltamaan Ohmin lakia käytännössä ja huomioimaan laittei-

den sisäisen resistanssin vaikutuksen mittaustuloksiin. Lisäksi työ antaa lukion opiskelijoille mahdollisuuden opetella erilaisten virtapiirien rakentamista ja digitaalisen yleismittarin käyttöä, joka ei suurelta osin kuulu lukion oppimäärään muun muassa ajanpuutteesta johtuen.

Työohje on tehty Oulun yliopiston fysiikan laboratoriotyöt 1 -kurssin vastaavan työohjeen pohjalta. Yksinkertaistimme työohjetta lukiolaiselle sopivaksi ja poistimme työstä potentiometrikytkennän, jota käyttäen muodostetaan vastuksen virta-jänniteominaiskäyrä. Katsoimme, että potentiometri ja vastuksen virta-jänniteominaiskäyrä ovat lukion ensimmäisen vuosikurssin opiskelijoille liian haastavia. Sen lisäksi työ on jo valmiiksi kuormittava lukiolaiselle, mistä johtuen työssä ei myöskään suoriteta virheen arviointia.

8.4 Laboratoriotyö 2: Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen

Työohje, malliraportti ja mittauspöytäkirja löytyvät opinnäytetyön liitteistä D-F. Työ on suunniteltu lukion toisen vuosikurssin opiskelijoille. Työn tarkoituksena on määrittää Maan vetovoiman kiihtyvyys yksinkertaisesta heilurista. Työ laadittiin Oulun yliopiston *Fysiikan laboratoriotyöt 1* -kurssin silloisen vastaavan työohjeen pohjalta. Nykyään kuitenkin tässä työssä käytettävä matemaattinen heiluri on siirretty osaksi *Mekaniikka I* -kurssin työtä *Mekaniikan perusmittauksia*, jossa myös virheenarviointi toteutetaan työohjetta vastaavalla tavalla. Lukion 5. kurssin oppikirjassa *Jaksollinen liike ja aallot* [16] esitellään työn kannalta olennaiset sisällöt, kuten harmoninen värähtelijä, jaksonaika, amplitudi sekä taajuus. Työn suorittamisen kannalta olennaiset yhtälöt ja asiasisällöt on johdettu työohjeessa lukiolaisen osaaminen huomioon ottaen. Oppikirjassa [16] esitellään heilurityö projektityönä, jossa tutkitaan, vaikuttaako punnuksen massa tai heilurin pituus heilahdusaikaan. Työssä käsitellään yksinkertaistettua *matemaattista heiluria* eli oletetaan, että heilurin lanka on massaton. Ilmanvastus jätetään myös huomiotta, koska se on häviävän pieni. Lopuksi työssä hyödynnetään laskettua putoamiskiihtyvyyttä ja lasketaan sitä käyttäen aika, joka Felix Baumgartnerilla kului saavuttaa äänen nopeus vapaapudotuksessa. Laskettua aikaa verrataan Felix Baumgartnerin vuonna 2012 suorittaman laskuvarjohypyn vastaavaan aikaan, ja pohditaan, miksi ajat eroavat.

Suunnittelemamme työohje eroaa olennaisesti silloisesta *Fysiikan laboratoriotyöt 1* -kurssin heilurityöstä siten, että korvasimme virhearvioinnin kokonaisdifferentiaalimenetelmän yksinkertaisemmalla virhearvioinnilla. Lukion fysiikan ensimmäisellä kurssilla (*Fysiikka luonnontieteinä*) tutustutaan virhearviointiin esittelemällä *absoluuttinen virhe*, *suhteellinen virhe*, *keskiarvo* ja *vaihteluvälin puolikas* [17]. Työssä virheen arviointia laajennetaan tutkimalla putoamiskiihtyvyyden yhtälöä, josta nähdään, mihin suuntaan putoamiskiihtyvyyden arvo muuttuu, kun heilurin langan pituutta tai jaksonaikaa pienennetään tai kasvatetaan virheen verran. Näin saadaan määritettyä putoamiskiihtyvyydelle ylä- ja alarajat laske-
tuista langan pituuden ja heilahdusajan suurimmista poikkeamista keskiarvoista. Lisäksi yhtälöiden johtamisen teoriaosiota on lyhennetty ja yksinkertaistettu siten, että lukion toisen vuosikurssin fysiikan opiskelija pystyy ymmärtämään asiaan liittyvät ilmiöt, käsitteet ja yhtälöt. Työohjeen lopussa on myös ohjeet mittaustulosten ilmoittamiseen ja suhteellisen virheen laskemiseen. Työssä on myös ohjeet lopputulosten ilmoittamiselle.

8.5 Laboratoriotyö 3: Hiuksen paksuuden määrittäminen

Työohje, malliraportti ja mittauspöytäkirja ovat liitteissä G-I. Tässä työssä määritetään opiskelijan hiuksen paksuus käyttämällä koherenttia, monokromaattista He-Ne-laseria. Työssä hyödynnetään valoaaltojen diffraktiota. Tässä tapauksessa opiskelijan hius toimii esteenä, joka taivuttaa valoaaltoja siten, että varjostimelle syntyy diffraktiokuvio. Lukiossa diffraktio käsitellään kvalitatiivisesti jo viidennellä kurssilla. Kuudennella kurssilla (*Sähkömagnetismi*) käsitellään valon diffraktiota kvantitatiivisesti, mutta yliopiston fysiikkaan nähden hieman yksinkertaistetusti. Kirja ei esimerkiksi käsittele diffraktiota yhdessä raossa. [18]

Työn suorittaminen onnistuu käyttämällä yksinkertaisia välineitä. Opiskelijat leikkaavat pahvinpalaan aukon, johon hius kiinnitetään teipillä. Tämän jälkeen laseria osoitetaan hiukseen, jolloin varjostimelle syntyy diffraktiokuvio, josta voidaan määrittää hiuksen paksuus. Työn toissijaisena tarkoituksena on oppia, että myös yksinkertaisilla välineillä voidaan tehdä tarkkoja fysikaalisia mittauksia. Ensisijaisena tarkoituksena on ymmärtää valon luonnetta ja sitä, miten sitä voidaan hyödyntää muihin sovelluksiin.

8. TUTKIMUSPROJEKTI

Työssä virheen arviointi on pyritty toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaisesti. Virheiden arviointiin ei käytetä tavanomaista kokonaisdifferentiaalimenetelmää sen haastavuuden takia. Virheen arviointi toteutetaan samalla menetelmällä kuin heilurityössä eli tarkastelemalla hiuksen paksuuden yhtälöä ja tutkimalla, miten mitattavan suureen arvo muuttuu, kun eri suureiden arvoja muutetaan virheen verran. Näin saadaan määritettyä hiuksen paksuudelle ylä- ja alarajat. Työssä kerrataan myös lopputuloksen ilmoittamista ja opetellaan virheiden laskemista taulukkolaskentaohjelmalla, koska virheiden laskeminen käsin olisi turhan työlästä. Tämä tukee myös monialaista osaamista, ja opiskelija oppii hyödyntämään ohjelmistoja fysiikassa.

9. Johtopäätökset

Vision 2030 tavoite korkeakoulutettujen osuuden nostamisesta 50 prosenttiin nuorista aikuisista on Suomen tulevaisuuden kannalta merkittävä. Vision tavoitteiden tueksi on asetettu uusi lukiolaki, joka velvoittaa lukiot ja korkeakoulut yhteistyöhön. Opetus- ja kulttuuri-ministeriön yhteistyötä valmistellut työryhmä ajattelee yhteistyön nopeuttavan siirtymää lukiosta korkeakouluun, mutta noin puolet lukioden rehtoreista eivät osanneet arvioida yhteistyön vaikutusta siirtymisen sujuvoittamiseen. Yleisesti vaikuttaa siltä, että lukioden henkilöstö on varovainen uusien yhteistyömallien suhteen, eivätkä he osaa kovin tarkasti kuvailla niiden vaikutuksia vision 2030 tavoitteiden kannalta. Vaikuttavuuden kartoittamiseksi olisi tärkeää suorittaa pitkän aikavälin seurantatutkimus, jossa seurattaisiin useiden lukioden opiskelijoita ja yhteistyön vaikuttavuutta heidän korkeakouluun sijoittumiseen. Tutkimuksessa olisi hyvä verrata lukioita, joissa yhteistyömahdollisuudet ovat heikkoja ja lukioita, jotka pystyvät tekemään tiivistä yhteistyötä korkeakoulujen kanssa.

Useat lukiot ja korkeakoulut ovat alkaneet jo toteuttaa yhteistyötä valmistelleen työryhmän ehdotusten mukaisia yhteistyömalleja. Noin puolet lukioista toteuttaa yhteistyötä säännöllisesti, ja suurin osa näistä lukioista on aloittanut sen jo ennen uuden lukiolain asettamista. Vajaa puolet lukioista tekee satunnaista korkeakouluyhteistyötä. Ennen uutta lukiolakia yhteistyö on ollut pääsääntöisesti erilaisia tutustumiskäyntejä ja vierailuja kuten abipäiviä, joissa opiskelijat pääsevät näkemään korkeakoulujen koulutustarjontaa. Tällä hetkellä lukiot ja korkeakoulut ovat siirtymässä kohti uuden lukiolain, opetussuunnitelman ja työryhmän ehdotusten mukaisia yhteistyökäytänteitä. Esimerkiksi Oulun yliopisto tarjoaa tällä hetkellä lukiolaisille hyvin laajasti erilaisia verkkokursseja, vierailuja ja teemapäiviä.

Uudistuksissa on otettava huomioon niiden toimeenpanemisen haasteet sekä etenkin lu-

9. JOHTOPÄÄTÖKSET

kiolaisten näkemykset ja jaksaminen. Opinto-ohjaajat ja rehtorit ovat ilmaisseet huolensa lisääntyvän korkeakouluyhteistyön kuormittavuudesta varsinkin, kun lukio-opinnot ovat jo entuudestaan vaativia. Abitुरientit näkevät yhteistyön mielenkiintoisena ja hyvänä asiana, mutta myös heitä mietityttää siihen liittyvät aikatauluongelmat sekä korkeakouluopinnot tuoma lisäkuormitus. Parhaassa tapauksessa mahdolliset korkeakouluopinnot ovat osa lukion oppimäärää, jolloin ne eivät toisi lisätyötä opiskelijoille ja opettajille. Mielestämme abiturienttien näkemys on tässä tapauksessa kaikista tärkein.

Suurimmat haasteet yhteistyön toteutumiselle aiheutuvat sen resursoinnista, aikataulutuksesta ja lukioden sijainnista. Yhteistyössä järjestettäviä opintojaksoja varten tarvitaan sopivat opetustilat. Yleensä opetustilat on varattava etukäteen, mikä tuo haasteita aikataulutukseen kummallekin osapuolelle. Opintojaksoja varten on myös löydettävä sopiva opetushenkilöstö sekä lukion että korkeakoulun puolelta. Henkilöstö tulee kouluttaa yhteistyöhön ja opintojaksot tulee suunnitella etukäteen, mikä voi tapahtua normaalin työajan ulkopuolella ellei siihen ole palkattu erikseen henkilöstöä. Koska yhteistyö rahoitetaan oppilaitosten omista rahoituksista, se voi aiheuttaa etenkin pienille lukioille merkittäviä kustannuksia. Mikäli lukio ei sijaitse lähellä korkeakoulua, orientaatiokursseja tai muita opintojaksoja voi olla lähes mahdotonta järjestää lähiopetuksena, jolloin käytännössä kaikki yhteistyö tapahtuu verkkoympäristöissä lukuun ottamatta suurempia yliopiston tapahtumapäiviä.

Tässä opinnäytetyössä ehdotettu yhteistyömalli laboratoriotyöskentelyyn tukee aiemmin mainittuja tavoitteita. Laboratoriotöitä on teetetty lukiolaisilla jo Oulun yliopiston kemian opetuslaboratoriossa, mutta fysiikan osalta ehdotettu malli on uusi, ja sen käytännön toteutuksen toimivuudesta ei ole vielä näyttöä. Tässäkin kokeilussa haasteena ovat aikataulutus ja kuormittavuus. Lukiolaisten lukujärjestykseen pitäisi pystyä mahdollittamaan neljän tunnin opetustuokio yliopiston tiloissa normaalin työajan puitteissa. Lisäksi töitä ei voida toteuttaa niinä aikoina, jolloin opetuslaboratoriossa on käynnissä yliopiston laboratoriokurssi. Laboratoriotöistä opiskelijoilta saatavat raportit antaisivat viitteitä töiden haastavuudesta ja kuormittavuudesta. Ongelmaksi voi aiheutua raporttien työstäminen vapaa-ajalla. Suoritetuista töistä tulisi teettää kysely ohjaaville opettajille ja opiskelijoille, jotta saataisiin selvyyttä töiden sujuvuudesta, kuormittavuudesta ja hyödyllisyydestä.

Kokonaisuudessaan korkeakouluyhteistyö nähdään hyvänä asiana, mutta sen vaikutuksista

9. JOHTOPÄÄTÖKSET

ei vielä ole varmaa tietoa eivätkä lukioden rehtorit ja opetushenkilöstö osaa vielä kunnolla arvioida niitä. Vaikutuksista on kerättävä luotettavaa tietoa erilaisten seuranta- ja kyselytutkimusten avulla opiskelijoilta, opettajilta, opinto-ohjaajilta ja rehtoreilta. Näin yhteistyötä pystyttäisiin kehittämään sekä siihen osallistujien että yhteiskunnan kannalta hyödyllisemmäksi. Rahoitusmalleja olisi myös hyvä muokata siten, että se rohkaisisi lukioita ja korkeakouluja osallistumaan keskinäiseen yhteistyöhön ja sen kehittämiseen nykyistä enemmän.

Viitteet

- [1] Opetus ja kulttuuriministeriö. Korkeakoulutus ja tutkimus 2030-luvulle. <https://minedu.fi/documents/1410845/4177242/visio2030-taustamuistio.pdf>, 2017. Viitattu 8.6.2020.
- [2] Talouspolitiikan arviointineuvosto. Talouspolitiikan arviointineuvoston raportti 2017. <https://www.talouspolitiikanarviointineuvosto.fi/raportit/raportti-2017/>, 2017. Viitattu 21.05.2020.
- [3] OECD. Population with tertiary education (indicator). <https://doi.org/10.1787/025421e5-en>, 2019. Viitattu 8.5.2020.
- [4] Opetus ja kulttuuriministeriö. Luovuutta, dynamiikkaa ja toimintamahdollisuuksia -ehdotus ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen rahoitusmalleiksi vuodesta 2021 alkaen. https://minedu.fi/documents/1410845/4177242/181024_OKM_rahoitusraportti_web.pdf/44cd4514-8627-1ba7-029f-4ab712f40763/181024_OKM_rahoitusraportti_web.pdf. Viitattu 24.04.2020.
- [5] Suomen Virallinen Tilasto (SVT). Koulutukseen hakeutuminen (verkkojulkaisu). https://www.tilastokeskus.fi/til/khak/2017/khak_2017_2018-12-13_tie_001_fi.html, 2017. Viitattu 21.05.2020.
- [6] Opetus ja kulttuuriministeriö. Katse korkealle - näkökulmia lukioden ja korkeakoulujen yhteistyöhön. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161375/OKM_6_2019_Lukiot%20ja%20korkeakoulut.pdf. Viitattu 3.4.2020.
- [7] Lukiolaki 714/2018. Annettu Helsingissä 10.8.2018. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180714>.

- [8] Valtioneuvosto. Valtion julkisen talouden esitys 2020-2023. <https://vm.fi/documents/10623/307577/Julkisen+talouden+suunnitelma+2020-2023+%287.10.2019%29/b7bc2317-c96c-8b81-0c3b-88b991897e0d/Julkisen+talouden+suunnitelma+2020-2023+%287.10.2019%29.pdf?version=1.0>. Viitattu 19.05.2020.
- [9] Opetushallitus. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/lukion-opetussuunnitelmien-perusteet>. Viitattu 8.4.2020.
- [10] Valtioneuvosto. Hallituksen esitys 41/2018 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_41+2018.aspx. Viitattu 19.5.2020.
- [11] Sakari Ahola, Helena Aittola, Timo Salminen, and Jenny Spoof. Lukioiden korkeakoulu- ja työelämäyhteistyö. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162017/VNTEAS_2020_03.pdf, 2020. Viitattu 28.5.2020.
- [12] Opetushallitus. Lukioiden ja korkeakoulujen yhteistyökäytännöt –kyselyn tulokset. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/hogskolesamarbetet_samarbetsprinciper.pdf. Viitattu 3.4.2020.
- [13] Oulun Yliopisto. Vierailut lukiolaisille ja koululaisille. <https://www.oulu.fi/yliopisto/koululaisvierailut>. Viitattu 7.5.2020.
- [14] Oulun yliopisto. Oppimispelit ja vierailupolut yliopistolla. <https://www.oulu.fi/yliopisto/node/201389>. Viitattu 29.5.2020.
- [15] Avoimen yliopiston opintotarjonta lukiolaisille. <https://www.oulu.fi/avoinyliopisto/lukiotarjonta/>. Viitattu 7.5.2020.
- [16] Heikki Lehto, Jukka Maalampi, Raimo Havukainen, and Janna Leskinen. *FY5 - Jaksollinen liike ja aallot*. 2017.
- [17] Heikki Lehto, Jukka Maalampi, Raimo Havukainen, and Janna Leskinen. *FY1 - Fysiikka luonnontieteenä*. Sanoma Pro Oy, Helsinki, 2018.
- [18] Heikki Lehto, Jukka Maalampi, Raimo Havukainen, and Janna Leskinen. *FY6 - Sähkömagnetismi*. Sanoma Pro Oy, Helsinki, 2017.

Liite A. Resistanssimittauksia

Resistanssimittauksia

Työohje

1 Johdanto

Tässä työssä suoritat perusmittauksia virtapiireistä, harjoittelet digitaalisen yleismittarin käyttöä tasajännitteiden ja -virtojen sekä vastuksien resistanssien mittaamisessa. Opit myös, miten mittarit kytketään virtapiiriin mitattaessa eri suureita, kuten virtaa tai jännitettä. Tarkoituksena on määrittää käytettävien yleismittarien sisäiset resistanssit ja vertailla tutkittavien vastuksien resistansseja keskenään, kun ne on määritetty eri tavoilla. Työn asiasisältö on esitelty FY3 (Sähkö)-kurssilla, mutta pääset harjoittelemaan kytkentöjen tekemistä ja syventämään ymmärrystäsi yleismittareista sekä vastuksista.

Aluksi mittaat kaikkien käytössäsi olevien vastusten resistanssit digitaalisella yleismittarilla ja tutustut siihen, miten resistanssi saadaan selville vastuksesta löytyvän värikoodin avulla. Tämän jälkeen rakennat vastuksista, säädettävästä jännitelähteestä ja mittareista muodostuvan, yksinkertaisen tasavirtapiirin ja mittaat piirissä olevan vastuksen kautta kulkevan virran ja sen päiden välisen jännitteen. Lisäksi määrität samankaltaista piiriä käyttäen myös yleismittareiden sisäiset resistanssit. Lasket vastusten resistanssit Ohmin lakia käyttäen ja tutkit, pitäisikö mittareiden sisäiset resistanssit ottaa huomioon, kun määritetään vastusten resistansseja.

2 Teoria

2.1 Ohmin laki

Jos vastuksen resistiivisyys ρ on vakio eli se ei riipu esimerkiksi lämpötilasta, vastuksen päiden välinen jännite U on suoraan verrannollinen sen kautta kulkevaan virtaan I . Verrannollisuuskerroin

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{U}{I} \quad (1)$$

on vastuksen resistanssi, ja sen yksikkö on $\Omega = \frac{V}{A}$. Yhtälössä L on vastuslangan pituus ja A sen poikkipinta-ala. Edellä saatu yhtälö voidaan esittää muodossa

$$U = RI, \quad (2)$$

jota usein kutsutaan makroskooppiseksi Ohmin laiksi. Yhtälöä (2) noudattavat vastukset ovat vakiovastuksia eli lineaarisia vastuksia, joiden resistanssien ajatellaan olevan lämpötilasta riippumattomia. Tällöin niiden päiden väliset jännitteet ovat suoraan verrannollisia niiden kautta kulkeviin virtoihin.

2.2 Kirchhoffin lait

Preussilainen fyysikko Gustav Kirchhoff kuvaili sähkövirran käyttäytymistä virtapiireissä ensimmäisen kerran vuonna 1845. Virtapiiri syntyy, kun sähkövirta kulkee pitkin suljettua silmukkaa. Kirchhoffin ensimmäistä lakia kutsutaan virtalainksi ja sen mukaan virran haarautumiskohdassa pisteestä lähtevien ja tulevien virtojen summa on nolla.

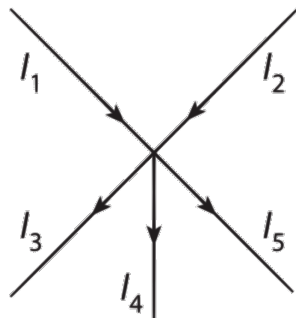
$$\sum_i I_i = 0, \quad i = 0, 1, \dots, n \quad (3)$$

Summalausekkeen indeksi i kuvaa tarkastelupisteeseen tulevien ja siitä lähtevien virtojen lukumäärää. Laki on seurausta sähkövarauksen säilymisestä. Kuvan 1 tapauksessa virtojen lausekkeeksi muodostuu

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

Virtapiirissä pisteiden B ja A välinen jännite U_{BA} on pisteiden potentiaalien erotus potentiaaliero.

$$U_{BA} = V_B - V_A. \quad (4)$$



Kuva 1: Kirchhoffin I laki.

Kirchhoffin toisen lain mukaan potentiaalien summa on nolla, kun kuljetaan täysi kierros virtapiirin minkä tahansa suljetun silmukan ympäri. Tätä kutsutaan myös jännite- tai silmukkalaki.

$$\sum \Delta V = 0 \quad (5)$$

3 Mittauslaitteisto

3.1 Digitaalinen yleismittari

Digitaalinen yleismittari on keskeinen mittalaite fysiikan sähköoppiin liittyvis-
sä töissä. Yleismittarilla voidaan mitata muun muassa vastusten resistansseja,
vaihto- ja tasavirtaa, vaihto- ja tasajännitettä, vaihtojännitteen taajuutta, puoli-
johdekompinenttien ominaisuuksia sekä kondensaattorin kapasitanssia. Digitaali-
sen yleismittarin keskeinen osa on analogi-digitaalimuunnin (A/D-muunnin), joka
muuttaa mitattavan analogisen signaalin digitaalseksi. Digitaalisen yleismittarin
anturit muuntavat yleensä erilaiset mitattavat suureet mitattavaksi jännitteeksi.

Kuvassa 2 on esitetty työssä käytettävä yleismittari. Mittarin vasemmassa ylä-
reunassa on kytkin, josta mittari saadaan päälle ja oikean yläreunan kytkimes-
tä valitaan, mitataanko tasa- vai vaihtojännitteitä tai -virtoja. Johtimien paikat
ovat mittarin alareunassa. ”Miinusnapa” on kaikissa tavallisimmissa mittauksissa
sama ja se on merkitty tunnuksella COM. ”Plusnapoja” on useampia. Kun mita-
taan jännitettä, resistanssia tai taajuutta, valitaan plusnavaksi se napa, joka on
merkitty ($V - \Omega - Hz$). Kun mitataan suuria virtoja, käytetään napaa, joka on
merkitty (20 A) ja pieniä virtoja mitatessa käytetään napaa (mA). Jos johtimet
yhdistetään virtoja ja jännitteitä mitattaessa napoihin väärin päin, näytössä näh-
dään itseisarvoltaan oikea lukema, mutta miinusmerkkisenä.

Kytkimien ja napojen ohella mittareissa on myös mittausalueen valitsin. Kuvan
2 mittarissa tämä valitsin on keskellä ja sen ympärillä olevat merkinnät kertovat
tutkittavan suureen suurimman mahdollisen arvon valitulla asennolla. Mittausa-
alueen valinnassa on aina varmintä lähteä liikkeelle suurimmasta mahdollisesta, jos
ei etukäteen tiedetä, kuinka suuri mitattava suure on ja parantaa herkkyyttä vasta
kun suureen suuruus on likimain selvillä. Esimerkiksi pienimpien virta-asteikkojen
alueella voi mittarissa olla sulake, joka kestää vain pieniä virtoja ja estää mittarin
toiminnan, jos liian suuri virta kulkee mittarin läpi.

3.2 Virran ja jännitteen mittaaminen digitaalisella yleismittarilla

Kun yleismittarilla mitataan jonkin laitteen kautta kulkevaa virtaa, mittari kyt-
ketään *sarjaan* tutkittavan laitteen kanssa. Tämä on esitetty kuvassa 3 a). Mittari
häiritsee laitetta sitä vähemmän, mitä pienempi sen piiristä ottama teho on. Vir-



Kuva 2: Työssä käytettävä yleismittari.

tamittarin kuluttama teho P_A voidaan esittää sen kautta kulkevan virran avulla.

$$\begin{aligned} P_A &= U_A I \\ &= (R_A I) I \\ &= R_A I^2, \end{aligned} \tag{6}$$

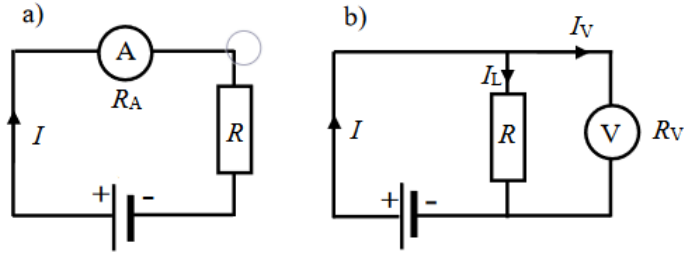
missä R_A on mittarin sisäinen resistanssi. Kun mitataan tutkittavan laitteen päivden välistä jännitettä, mittari kytketään *rinnan* tutkittavan laitteen kanssa. Tämä on esitetty kuvassa 3 b). Jännitemittarin kuluttama teho P_U sen kautta kulkevan virran I_V ja mitattavan jännitteen U avulla lausuttuna:

$$\begin{aligned} P_U &= U I_V \\ &= U \frac{U}{R_V} \\ &= \frac{U^2}{R_V}, \end{aligned} \tag{7}$$

missä R_V on jännitemittarin sisäinen resistanssi.

3.3 Resistanssin määrittäminen jännitteen ja virran mittauksilla

Makroskooppisen Ohmin lain (2) mukaan vakiovastuksen päiden välinen jännite U on sen kautta kulkeva virta I kerrottuna vastuksen resistanssilla, jolloin vas-



Kuva 3: a) Virran ja b) jännitteen mittaaminen yleismittarilla.

tuksen resistanssi voidaan saada selville mittaamalla sekä jännitettä että virtaa. Koska mittarit eivät ole ideaalisia, niillä on aina jokin sisäinen resistanssi, joka ei välttämättä ole pieni tutkittavan vastuksen resistanssiin verrattuna virtamittarin tapauksessa, eikä suuri jännitemittarin tapauksessa. Tarkastellaan tästä aiheutuvia ongelmia kuvan 4 kytkentöjen avulla.

Kytkenässä I virtamittari **A** mittaa vastuksen R_x kautta kulkevaa virtaa I_x , mutta jännitemittari **V** mittaa vastuksen ja virtamittarin yhteenlasketun jännitehäviön U . Jos virtamittarin sisäinen resistanssi on R_A , tutkittavan vastuksen resistanssiksi R_x saadaan

$$R_x = \frac{U}{I_x} - R_A. \quad (8)$$

Jos virtamittarin sisäinen resistanssi on paljon pienempi kuin tutkittavan vastuksen resistanssi, yhtälö (8) muuttuu muotoon

$$R_x = \frac{U}{I_x},$$

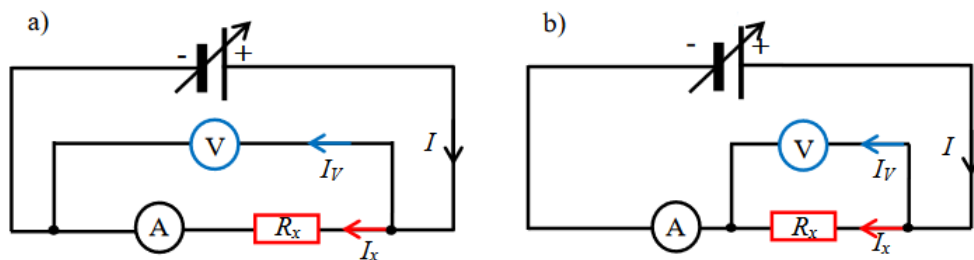
josta nähdään, että tutkittavan vastuksen resistanssin likimääräinen arvo voidaan laskea makroskooppisen Ohmin lain perusteella suoraan sen päiden välisen jännitteen ja sen kautta kulkevan virran suhteena.

Kytkenässä II jännitemittari **V** mittaa tutkittavan vastuksen R_x päiden välisen jännitteen U , kun taas virtamittari **A** mittaa tutkittavan vastuksen ja jännitemittarin kautta kulkevien virtojen I_x ja I_V summan. Tutkittavan vastuksen resistanssiksi saadaan nyt:

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}, \quad (9)$$

jossa R_V on jännitemittarin sisäinen resistanssi. Jos jännitemittarin sisäinen resistanssi on paljon suurempi kuin tutkittavan vastuksen, yhtälö (9) yksinkertaistuu Ohmin lain mukaiseen muotoon

$$R_x = \frac{U}{I}.$$



Kuva 4: Vastuksen resistanssin määrittäminen mittaamalla virtaa ja jännitettä. a) KytKentä I
b) KytKentä II.

4 Työn suoritus

4.1 Resistanssien mittaaminen yleismittarilla

Mittaa tutkittavien vastusten R_1 , R_2 , R_3 ja R_4 resistanssit digitaalisella yleismittarilla ja värikoodeista.

4.2 Vastusten resistanssien mittaaminen virran ja jännitteen avulla

Valitse, kumpaa mittaria käytät jännite- ja kumpaa virtamittarina. Kirjaa mittarien nimet ja tunnukset mittauspöytäkirjaan. Rakenna kuvan 4a mukainen kytkentä I ja **TARKASTUTA SE OPETTAJALLA**. Mittaa kytkennässä jännitehäviö U ja virta I_x vastuksille R_1 , R_2 ja R_3 . Kytke sitten jännitemittari kytkennän II mukaisesti mittaamaan jännitehäviötä vastuksen päiden välissä ja mittaa myös kytkennän II tapauksessa jännite V ja virta I vastuksille R_1 , R_2 ja R_3 . Huomaa, että vastuksesta toiseen siirryttäessä virtojen suuruudet vaihtelevat paljon. Muista siis asettaa virtamittari aina ensin epäherkimmälle virta-asteikolle ja muuttaa vasta tarvittaessa herkkyyttä.

4.3 Mittareiden sisäisen resistanssin määrittäminen

Muuta kuvan 4b kytkentää II siten, että virtamittari kytketään sarjaan vastuksen R_4 kanssa ja mittaa jännitemittarilla virtamittarissa tapahtuvaa jännitehäviötä U . Säädä myös jännitelähteen jännitettä pienemmäksi, jotta virta ei kasva liian suureksi, koska virtamittarin sisäinen resistanssi on pieni. Aseta sitten virta-asteikolle mittauspöytäkirjassa näkyvä ensimmäinen arvo ja kirjaa ylös jännite- ja virtamittareiden lukemat, jolloin voit laskea virtamittarin sisäisen resistanssin kullakin käyttämälläsi asteikolla jännitteen ja virran suhteena. Kytke lopuksi jännite- ja virtamittarit sarjaan tasajännitelähteen kanssa ja kirjaa ylös niiden lukemat. Jännitteen ja virran suhde antaa tässä tapauksessa jännitemittarin sisäisen resistanssin.

5 Mittaustulosten käsittely

Laske käyttämiesi jännite- ja virtamittarien sisäiset resistanssit R_V ja R_A mittausten osassa (4.3) saamiesi jännitteen ja virran arvojen avulla. Huomioi, että jokaista virtamittarin herkkyyttä vastaa tietty sisäinen resistanssi. Käytä sisäisten resistanssien laskemiseen Ohmin lakia (2). Laske sitten kunkin kohdassa (4.1) tutkimasi vastuksen resistanssi kytkentöjen I ja II tapauksessa suoraan mitattujen jännitteen ja virran arvojen avulla myös Ohmin lakia (2) käyttäen.

Lopuksi laske samat resistanssit ottaen huomioon jännite- ja virtamittarin sisäiset resistanssit R_V ja R_A yhtälöstä (8) kytkennän I tapauksessa ja yhtälöstä (9) kytkennän II tapauksessa. Kiinnitä erityistä huomiota siihen, että vastusta R_1 vastaa virtamittarin herkkyyasetus 200 mA ja vastusta R_2 asetus 2 mA ja niin edelleen. Laskuissa täytyy siis käyttää oikeaa herkkyyasetusta vastaavaa sisäistä resistanssia. Kokoa lopputuloksista taulukko, jossa näkyvät eri tavoin määritetyt vastusten resistanssit ja vertaa niitä keskenään. Ilmoita tulokset kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella.

Pohdi raporttisi lopussa seuraavia asioita:

- Miten mittaukset onnistuivat mielestäsi? Ovatko tulokset järkeviä?
- Mitä opit työstä?

6 Ennakkotehtävät

1.

Selvitä, miten vastuksien värikoodeja luetaan. Mitä tarkoittaa merkintä: Harmaa-Punainen-Musta-Musta-Punainen?

2.

Selvitä ja selitä, miksi jännitemittarin sisäisen resistanssin tulee olla mahdollisimman suuri ja virtamittarin mahdollisimman pieni.

7 Viitteet

- [1] Young, H.D. & Freedman, R. (2016). University Physics with Modern Physics 14th Ed. Pearson Education: Harlow, Essex, England.
- [2] Maalampi J.; Havukainen R.; Leskinen J. Lehto, H. FY3 - Sähkö. Sanoma Pro Oy, Helsinki, 2017.
- [3] Oulun Yliopisto. Fysiikan laboratoriotyöt 1, Resistanssimittauksia työohje.

Liite B. Malliraportti - Resistanssimittauksia

Resistanssimittauksia

Malliraportti

Fredrik Fyysikko
DD.MM.YYYY
sähkö@posti.fi

1 Johdanto

Tässä työssä tutustutaan eri suureiden mittaamiseen virtapiireissä, rakennetaan virtapiirejä kytkentäkaavion mukaan, harjoitellaan digitaalisten jännite- ja yleismittarien käyttöä sekä tutustutaan Ohmin lakiin. Työssä tarkoituksena on määrittää käytettävien mittareiden sisäiset resistanssit.

2 Teoria

Ohmin laki kuvaa resistanssin, sähkövirran ja jännitteen välistä suhdetta.

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Tutkittavan vastuksen resistanssilla R_x ja virtamittarin sisäisellä resistanssilla R_A on yhteys:

$$R_x = \frac{U}{I_x} - R_A \quad (2)$$

Tutkittavan vastuksen avulla voidaan määrittää myös jännitemittarin sisäinen resistanssi

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} \quad (3)$$

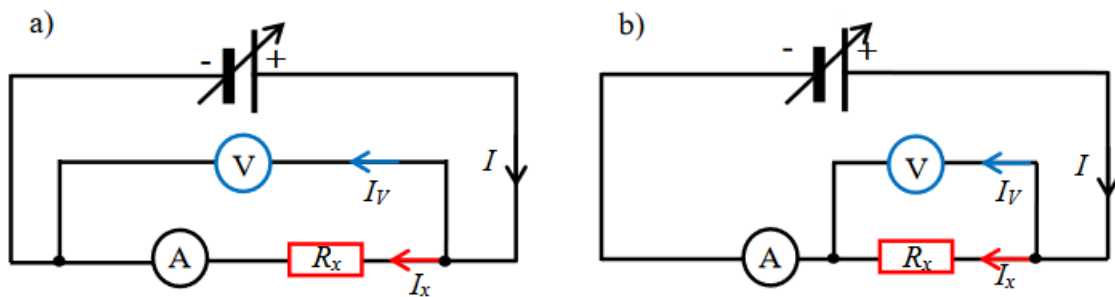
3 Mittauslaitteisto ja -menetelmät

Työn mittaukset suoritettiin kahdella kuvan 1 mukaisella digitaalisella yleismittarilla. Valitsimme työn aluksi neljä eri vastusta, joiden resistanssit mitattiin yleismittarilla. Sen jälkeen valitsimme kumpaa mittareista käytimme jännitemittarina ja kumpaa virtamittarina. Rakensimme kuvan 2 mukaiset kytkennät I ja II, joihin tarvitsimme mittareiden ja vastuksen lisäksi vielä jännitelähdettä. Mittasimme virtapiirissä kulkevaa virtaa ja jännitettä kytkentäkaavion mukaisesti. Suoritimme jännite- ja virtamittaukset jokaiselle vastukselle erikseen. Asetimme aina vastuksen vaihdon yhteydessä virtamittarin herkkyyden mittausalueen valitsimesta (kuva 1) epäherkimmälle mittausalueelle, jonka jälkeen suurensimme herkkyyttä tarvittaessa. Kirjasimme jokaista vastusta kohden virran ja jännitteen mittauspöytäkirjaan. Käytimme virtamittarina mittaria, jonka tunnus oli XXXX ja jännitemittarin tunnus oli YYYY.

Mittareiden sisäisten resistanssien määrittämistä varten muokkasimme Kytkentää II (kuva 2b) siten, että mittasimme virtamittarissa tapahtuvaa jännitehäviötä. Käytimme kytkennässä vastusta R_4 . Pienensimme myös jännitelähteen jännitettä, jotta virtamittarin läpi kulkeva virta ei kasva liian suureksi. Muutimme virtamittarin mittausalueen mittauspöytäkirjassa näkyvään arvoon ja kirjasimme ylös jännite- ja virtamittareiden lukemat. Lopuksi kytkimme mittarit sarjaan tasajännitelähteen kanssa ja kirjasimme ylös virran ja jännitteen arvot.



Kuva 1: Mittauksissa käytettävä digitaalinen yleismittari.



Kuva 2: Työssä rakennetut virtapiirit. a) KytKentä I ja b) KytKentä II.

4 Mittaustulosten käsittely

Kaikki mittaustulokset löytyvät liitteestä 1. Vastusten mitatut ja annetut resistanssit on merkitty taulukkoon 1:

4.1 Resistanssin määrittäminen värikoodista ja digitaalisella yleismittarilla

R_x	Annettu R (Ω)	Mitattu R (Ω)
R_1	61,1	61,1
R_2	$9,55 \cdot 10^3$	$9,630 \cdot 10^3$
R_3	$0,909 \cdot 10^6$	$0,910 \cdot 10^6$
R_4	$0,820 \cdot 10^3$	$0,792 \cdot 10^3$

Taulukko 1: Mitatut ja annetut vastusten resistanssit

4.2 Vastuksen resistanssin määrittäminen jännitteestä ja virrasta.

Taulukossa 2 on kytkennöistä I ja II mitatut jännitteet ja virrat vastuksia R_1 , R_2 , R_3 ja R_4 kohden.

R_i	Kytkenä I		Kytkenä II	
	U (V)	I_x (mA)	U (V)	I_x (mA)
R_1	10,72	159,2	9,35	159,2
R_2	10,72	1,093	10,6	1,093
R_3	10,72	0,0116	10,71	0,0127

Taulukko 2: Kytkennöistä I ja II mitatut jännitteet ja virrat.

Vastuksien resistanssit saadaan laskettua yhtälöstä (1). Kytkennän I tapauksessa ensimmäisen vastuksen resistanssi on:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{U}{I_1} \\ &= \frac{10,72 \text{ V}}{0,1592 \text{ A}} \\ &= 67,33668342... \Omega \end{aligned}$$

Vastaavalla tavalla lasketut resistanssit on esitetty taulukossa 3 molempien kytkentöjen tapauksessa.

R_x	KytKentä I (Ω)	KytKentä II (Ω)
R_1	67,33668342	58,73115578
R_2	9807,868253	9698,078683
R_3	924137,931	843307,0866

Taulukko 3: Virrasta ja jännitteestä lasketut vastuksien resistanssit.

4.3 Mittareiden sisäiset resistanssit

Lasketaan sitten mittareiden sisäiset resistanssit Ohmin laista (1) eri herkkyyksille. Herkkyydelle 200 mA lasketaan:

$$\begin{aligned}
 R_{A, 200 \text{ mA}} &= \frac{U}{I} \\
 &= \frac{0,187 \text{ V}}{0,0206 \text{ A}} \\
 &= 9,0776699... \Omega
 \end{aligned}$$

Muille herkkyyksille sisäinen resistanssi on

$$\begin{aligned}
 R_{A, 2 \text{ mA}} &= \frac{U}{I} \\
 &= \frac{0,142 \text{ V}}{0,001304 \text{ A}} \\
 &= 108,8957055... \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{A, 200 \mu\text{A}} &= \frac{U}{I} \\
 &= \frac{0,0589 \text{ V}}{0,058 \cdot 10^{-3} \text{ A}} \\
 &= 1,0155172... \cdot 10^3 \Omega
 \end{aligned}$$

Jännitemittarin sisäiseksi resistanssiksi saadaan Ohmin lailla

$$\begin{aligned} R_V &= \frac{U}{I} \\ &= \frac{12,23 \text{ V}}{0,0000012 \text{ A}} \\ &= 10,19166... \cdot 10^6 \Omega. \end{aligned}$$

4.4 Resistanssien määrittäminen ottamalla huomioon mittareiden sisäiset resistanssit

Määritetään vielä vastusten resistanssit ottamalla huomioon mittareiden sisäiset resistanssit käyttämällä yhtälöitä (2) ja (3). Kytken 1 tapauksessa:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{U}{I_1} - R_{A, 200 \text{ mA}} \\ &= \frac{10,72 \text{ V}}{0,1592 \text{ A}} - 9,0776699... \Omega \\ &= 58,25901352... \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{U}{I_2} - R_{A, 2 \text{ mA}} \\ &= \frac{10,72 \text{ V}}{0,001093 \text{ A}} - 108,8957055... \Omega \\ &= 9,698972547... \cdot 10^3 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_3 &= \frac{U}{I_2} - R_{A, 200 \mu\text{A}} \\ &= \frac{10,72 \text{ V}}{0,0000116 \text{ A}} - 1,0155172... \cdot 10^3 \Omega \\ &= 0,9231224138... \cdot 10^6 \Omega. \end{aligned}$$

Lasketaan vielä resistanssit kytkennän II tapauksessa:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} \\
 &= \frac{9,35 \text{ V}}{0,1592 \text{ A} - \frac{9,35 \text{ V}}{10,19166... \cdot 10^6 \Omega}} \\
 &= 58,73149423 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_2 &= \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} \\
 &= \frac{10,6 \text{ V}}{0,001093 \text{ A} - \frac{10,6 \text{ V}}{10,19166... \cdot 10^6 \Omega}} \\
 &= 9,707315874... \cdot 10^3 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_3 &= \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} \\
 &= \frac{10,71 \text{ V}}{0,0000127 \text{ A} - \frac{10,71 \text{ V}}{10,19166... \cdot 10^6 \Omega}} \\
 &= 0,91913811126... \cdot 10^6 \Omega.
 \end{aligned}$$

5 Lopputulokset ja pohdintaa

Työn eri vaiheissa ja eri menetelmillä määritetyt vastusten resistanssit esitetty taulukossa 4.

R_x	Värikoodi (Ω)	Mitattu R (Ω)	KytKentä I (Ω)	KytKentä II (Ω)	$R - R_A$ (Ω)	$R - R_V$ (Ω)
R_1	61,1	61,1	67,3	58,7	58,3	58,7
R_2	$9,55 \cdot 10^3$	$9,63 \cdot 10^3$	$9,81 \cdot 10^3$	$9,70 \cdot 10^3$	$9,70 \cdot 10^3$	$9,71 \cdot 10^3$
R_3	$0,909 \cdot 10^6$	$0,910 \cdot 10^6$	$0,924 \cdot 10^6$	$0,843 \cdot 10^6$	$0,923 \cdot 10^6$	$0,919 \cdot 10^6$
R_4	$0,820 \cdot 10^3$	$0,792 \cdot 10^3$	—	—	—	—

Tässä kappaleessa on pohdittu työn onnistumista ja tulosten järkevyyttä.

6 Liitteet

Liite 1: Mittauspöytäkirja

Liite 2: Ennakkotehtävien ratkaisut

Liite C. Mittauspöytäkirja - Resistanssimittauksia

Mittauspöytäkirja

Resistanssimittauksia

Nimi: _____

Pvm: ____/____/____

1. Digitaalimittari

R_x	Värikoodista luettu arvo (Ω)	Mitattu R (Ω)
R_1		
R_2		
R_3		
R_4		

2. Jännite- ja virtamittarit

R_i	Virtamittarin herkkyys	KytKentä I		KytKentä II	
		U (V)	I_i (mA)	U (V)	I_i (mA)
R_1	200 mA				
R_2	2 mA				
R_3	200 μ A				

3. Mittareiden sisäiset resistanssit

Mittari	Virtamittari	Jännitemittari
Nimi		
Tunnus		
	U (V)	I (mA)
R_A		
200 mA		
2 mA		
200 μ A		
R_V		

Opettajan allekirjoitus: _____

Liite D. Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen

Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen

Työohje

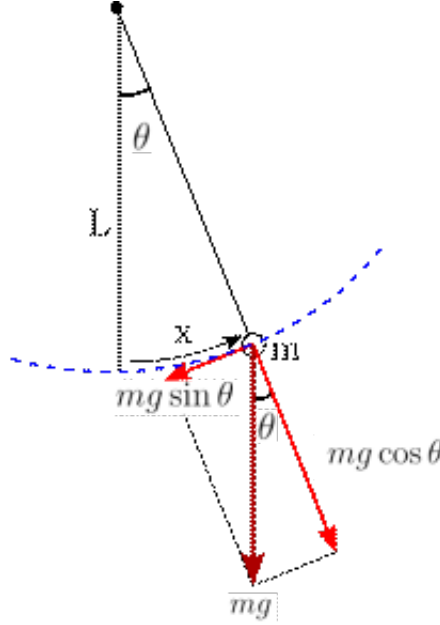
1 Johdanto

Tässä työssä tutustutaan matemaattisen heiluriin. Heiluri on laite, jossa jokin kappale liikkuu jaksollisesti edestakaisin eli värähtelee tasapainoasemansa ympäristössä. Heiluriin liittyvä keskeinen suure on *jaksonaika* T , joka kuvaa yhteen edestakaiseen heilahdukseen kuluvaan aikaan. Tässä työssä heilurina on idealisoitu matemaattinen heiluri, jonka jaksonaika ei riipu punnuksen tai langan massasta. Siihen vaikuttaa ainoastaan langan pituus L ja Maan putoamiskiihtyvyys g . Työn tavoitteena on määrittää g :n arvo mittaamalla heilurin jaksonaikaa. Työssä hyödynnetään FY5 (Jaksollinen liike ja aallot) -kurssilla opittuja asioita ja syvennytään matemaattisen heilurin teoriaan ja virheen arviointiin.

Lopuksi määritettyä putoamiskiihtyvyyttä käytetään vapaapudotuksessa äänivallin rikkomiseen kuluvan ajan laskemiseen. Laskettua aikaa verrataan aikaan, joka Felix Baumgartnerilla kului äänivallin rikkomiseen vuonna 2012.

2 Teoria

Kuvassa 1 on esitetty matemaattisen heilurin voimakuvio. Heilurissa m -massainen kappale on kiinnitetty ohuen, L -pituisen langan päähän. Yksinkertaisuuden vuoksi oletetaan, että lanka on massaton ja koko punnuksen massa on keskittynyt yhteen pisteeseen. Oletetaan ilmanvastus mitättömän pieneksi.



Kuva 1: Matemaattisen heilurin voimakuvio.

Kuvan 1 tilanteessa heiluri on poikkeutettu tasapainoasemastaan kulman θ verran ja punnuksen massakeskipiste sijaitsee etäisyydellä L heilahdusakselista. Voimakuviossa heilurin x -suuntainen poikkeama tasapainoasemasta on merkitty kirjaimella x . Heilurin liike voidaan ajatella yksinkertaiseksi harmoniseksi liikkeeksi, jolloin sen palauttava voima noudattaa yhtälöä

$$F = -kx \quad (1)$$

Kuvasta 1 nähdään, että heilurin palauttava voima F_θ on

$$F_\theta = -mg \sin \theta \quad (2)$$

Kun kulma θ pidetään pienenä, voidaan käyttää approksimaatiota $\sin \theta \approx \theta$, jolloin yhtälöstä (2) saadaan

$$\begin{aligned} F_\theta &= -mg\theta \\ &= -mg\frac{x}{L} \\ &= -\frac{mg}{L}x \end{aligned} \tag{3}$$

Kun verrataan yhtälöitä (1) ja (3), huomataan, että heilurin voimavakio $k = \frac{mg}{L}$. Harmonisen värähtelyn kulmataajuus saadaan yhtälöstä

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}. \tag{4}$$

Kun muistetaan, että taajuus f voidaan ilmaista kulmataajuuden funktiona seuraavasti

$$f = \frac{\omega}{2\pi}, \tag{5}$$

voidaan ratkaista heilurin jaksonaika, joka on taajuuden käänteisluku:

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{f} \\ &= \frac{2\pi}{\omega} \\ &= 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \end{aligned} \tag{6}$$

Kun yhtälöön (6) sijoitetaan voimavakio $k = \frac{mg}{L}$, saadaan matemaattisen heilurin jaksonajalle yhtälö

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}. \tag{7}$$

2.1 Äänivallin rikkomiseen kuluva aika

Kun tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä olevan kappaleen alku- ja loppunopeudet tiedetään, saadaan loppunopeuden saavuttamiseen kuluva aika t ratkaistua yhtälöstä

$$a = \frac{v - v_0}{t}, \tag{8}$$

missä a on kappaleen kiihtyvyys, v loppunopeus, v_0 alkunopeus.

3 Mittauslaitteisto ja työn suoritus

Työssä käytetään heiluria, jonka jaksonaika mitataan sekuntikellolla. Mittaa aluksi langan pituus L rullamitalla. Arvioi rullamitan mittaustarkkuutta. Poikkeuta punnusta tasapainoasemastaan noin 10 cm, jolloin pienen kulman approksimaatio on voimassa. Päästä punnus heilahtelemaan siten, että et anna sille vauhtia. Mittaa kymmeneen edestakaiseen heilahdukseen kulunut aika sekuntikellolla 10 kertaa. Kirjaa tulokset mittauspöytäkirjaan.

4 Mittaustulosten käsittely

Laske jokaisesta mittaustuloksesta yhteen heilahdukseen kuluva aika. Laske lopulliseksi jaksonajaksi kymmenen laskemasi jaksonajan keskiarvo T_{ka} . Ratkaise yhtälöstä (7) putoamiskiihtyvyys g ja sijoita saamaasi yhtälöön T_{ka} ja L .

4.1 Virheen arviointi

Fysikaalisissa mittauksissa ei ole ikinä absoluuttisen tarkkoja tuloksia. Mittauksissa voi syntyä virhettä esimerkiksi viallisesta tai väärin kalibroidusta mittalaitteesta, mittalaitteen lukemataarkkuudesta tai inhimillisistä virheistä. Työn ennakkotehtävissä pohdit, mitkä tekijät vaikuttavat tässä työssä mittaustulosten tarkkuuteen.

Laske jaksonajan T virheeksi ΔT suurin poikkeama keskiarvosta. Arvioi myös langan pituudelle L virhe ΔL . Ota huomioon, että virhe voi olla positiivinen tai negatiivinen. Laske sitten putoamiskiihtyvyydelle virhe Δg käyttäen määrittämiäsi langan pituuden ja jaksonajan virheitä. Pohdi, kumpaan suuntaan eri suureiden virheet vaikuttavat.

Mikäli jollain mittauskerralla esiintyy erittäin suuri poikkeama muihin mittausker-toihin nähden, mittauksessa on todennäköisesti tapahtunut virhe ja mittauspiste tulee hylätä.

4.2 Äänivallin rikkomiseen kuluva aika

Itävaltalainen laskuvarjo- ja BASE-hyppääjä Felix Baumgartner hyppäsi vapaa-pudotushypyn 38969 metrin korkeudesta vuonna 2012. Hän rikkoi äänivallin 39

sekuntia pudotuksen alkamisesta eli hänen nopeutensa ylitti äänen nopeuden ilmassa. Laske yhtälöstä (8), kuinka kauan Felixillä olisi kestänyt rikkoa äänivalli, jos Maan putoamiskiihtyvyys olisi laskemasi g :n suuruinen. Pohdi lisäksi, vaikuttaako laskemasi g :n arvon poikkeama todellisesta arvosta enemmän kuin ilmanvastuksen huomiotta jättäminen. Käytä äänen nopeudelle arvoa $v_s = 1235 \text{ km/h}$. Ota pohdinnassa huomioon, että ilmanvastuksen suuruus on suoraan verrannollinen nopeuden neliöön.

5 Mittaustulosten ilmoittaminen

Ilmoita lopputulokset virheineen kolmen merkitsevän tarkkuudella. Lopputulos pyöristetään normaaleja pyöristyssääntöjä käyttäen. Huomioi, että virhe pyöristetään aina ylöspäin! Tuloksia ilmoittaessa sekä virhe että mittaustulos ilmoitetaan samalla tarkkuudella. Esimerkiksi, jos g :n arvoksi saadaan $g = 9,88383...ms^{-2}$ ja virheeksi $\Delta g = 0,0655...ms^{-2}$, niin tulos ilmoitetaan seuraavasti:

$$g = (9,88 \pm 0,07) \frac{m}{s^2} = 9,88 \frac{m}{s^2} \pm 0,7\%$$

Lopputulokseen on lisätty myös *suhteellinen virhe* $|\Delta g/g|$, joka kertoo, kuinka monta prosenttia mittaustulos voi poiketa ilmoitetusta arvosta. Suhteellinen virhe lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$\text{suhteellinen virhe} = \frac{\text{virhe}}{\text{laskettu arvo}} \cdot 100 \%$$

Edellisessä esimerkkitapauksessa suhteelliseksi virheeksi saatiin

$$\begin{aligned} \left| \frac{\Delta g}{g} \right| &= \frac{0,0655...ms^{-2}}{9,88383...ms^{-2}} \cdot 100 \% \\ &= 0,6626... \% \\ &\approx 0,7\% \end{aligned}$$

Pohdi raporttisi lopussa vielä seuraavia asioita:

- Ovatko mittaustulokset järkeviä (esim. onko yksiköt oikein?)
- Miten mittaukset onnistuivat?
- Miksi laskemasi g :n arvo poikkeaa todellisesta arvosta ($g = 9,81 \frac{m}{s^2}$)?

- Miksi äänivallin rikkomiseen kuluva aika poikkeaa Felix Baumgartnerin ajasta?
- Mitä opit työstä?
- Onko ilmanvastuksen vaikutus suurempi kuin putoamiskiihtyvyyden arvon erilaisuus?

6 Ennakkotehtävät

Tee ennakkotehtävät ennen työvuorolle saapumista. Opettaja tarkastaa työvuoron aikana tehtävät. Lisää ennakkotehtävät liitteeksi työselostukseen.

1.

Ratkaise putoamiskiihtyvyys g työohjeen yhtälöstä (7).

2.

Pohdi, mitkä tekijät aiheuttavat virheitä tässä työssä. Mieti myös, miten g :n arvo muuttuu, jos jaksonaikaa tai langan pituutta kasvatetaan tai pienennetään. Ota tämä huomioon, kun lasket g :lle maksimi- ja minimiarvon.

7 Viitteet

- [1] Young, H.D. & Freedman, R. (2016). University Physics with Modern Physics 14th Ed. Pearson Education: Harlow, Essex, England.
- [2] Maalampi J.; Havukainen R.; Leskinen J. Lehto, H. FY5 - Jaksollinen liike ja aallot. Sanoma Pro Oy, Helsinki, 2017.
- [3] Oulun Yliopisto. Fysiikan laboriotyöt 1.

Liite E. Malliraportti -
Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen

Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen

Malliraportti

Fredrik Fyysikko
DD.MM.YYYY
sähkö@posti.fi

1 Johdanto

Työssä tutkitaan matemaattista heiluria. Heilurilla tarkoitetaan systeemiä, jossa kappale värähtelee edestakaisin tasapainoasemansa ympärillä. Matemaattinen heiluri puolestaan tarkoittaa lisäksi sitä, että sen punnuksen massan ajatellaan olevan keskittynyt yhteen pisteeseen. Työssä myös oletetaan ilmanvastus mitättömän pieneksi ja lanka massattomaksi. Heilurin jaksonaikaa mittaamalla voidaan selvittää Maan vetovoiman kiihtyvyys. Lisäksi työssä tutustutaan virheen arviointiin.

2 Teoria

Tutkittavan heilurin teoreettinen jaksonaika lasketaan yhtälöstä

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \quad (1)$$

missä L on heilurin langan pituus ja g on Maan putoamiskiihtyvyys. Ratkaistaan g , mikä on tehty ennakkotehtävissä.

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \quad (2)$$

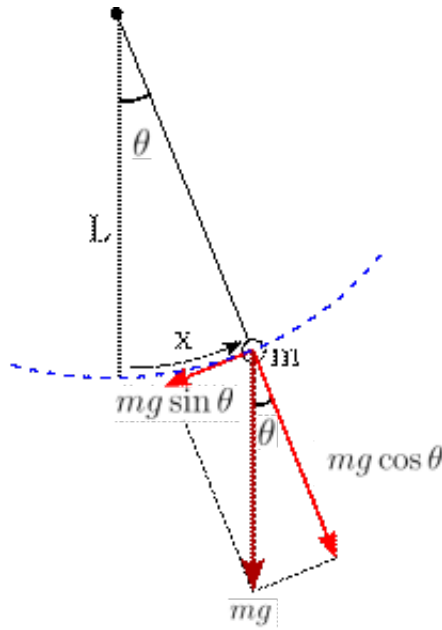
Tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä loppunopeude saavuttamiseen kuluva aika t voidaan ratkaista yhtälöstä

$$a = \frac{v - v_0}{t}, \quad (3)$$

missä a on kappaleen kiihtyvyys, v loppunopeus, v_0 alkunopeus.

3 Mittauslaitteisto ja -menetelmät

Työssä tutkittu heilurisysteemi on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1: Heilurisysteemi.

Langan pituus mitattiin rullamitalla ja pituudeksi saatiin $L = 1,95$ m. Heiluria poikkeutettiin tasapainoasemasta noin 10 cm verran ja päästettiin heilahtelemaan. Samaan aikaan käynnistettiin sekuntikello. Heilurista mitattiin 10 edestakaisen heilahduksen jaksonaika 10 kertaa.

4 Mittaustulosten käsittely

4.1 Putoamiskiihtyvyyden g määrittäminen

Kaikki taulukoissa ja laskuissa käytetyt arvot löytyvät liitteenä olevasta mittauspöytäkirjasta. Taulukkoon 1 on laskettu keskimääräinen heilahdusaika mittaustuloksista jokaisella mittauksella. Lasketaan mitatuista jaksonajoista keskiarvo.

i	T_i (s)
1	2,78
2	2,72
3	2,75
4	2,74
5	2,75
6	2,76
7	2,76
8	2,77
9	2,74
10	2,74

Taulukko 1: Lasketut keskimääräiset heilahdusajat.

$$T_{ka} = \frac{(2,78 + 2,72 + 2,75 + 2,74 + 2,75 + 2,76 + 2,76 + 2,77 + 2,74 + 2,74) \text{ s}}{10}$$
$$= 2,751 \text{ s}$$

Lasketaan sitten jokaista mittausta kohti poikkeama keskiarvosta. Tämä on esitetty taulukossa 2.

i	T_i (s)	$ \Delta T_i $ (s)
1	2,78	0,029
2	2,72	0,031
3	2,75	0,001
4	2,74	0,011
5	2,75	0,001
6	2,76	0,009
7	2,76	0,009
8	2,77	0,019
9	2,74	0,011
10	2,74	0,011

Taulukko 2: Tulosten poikkeama keskiarvosta

Taulukosta nähdään, että suurin poikkeama on aiheutunut mittauksella 2. Jos

ihmisen reaktioaika on 0,25 s, silloin virhettä kertyy kahden reaktioajan verran (ajanoton alussa ja lopussa). Kahden reaktioajan virhe heilahdusta kohden on suurempi kuin suurin poikkeama keskiarvosta, joten valitaan virheeksi $\Delta T = 0,050$ s. Lasketaan sitten Maan putoamiskiihtyvyys g yhtälöstä (2). Käytetään jaksonaikana laskettua keskiarvoa T_{ka} .

$$\begin{aligned} g &= 4\pi^2 \frac{L}{T_{\text{ka}}^2} \\ &= 4\pi^2 \frac{1,95 \text{ m}}{(2,751 \text{ s})^2} \\ &= 10,172159... \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

4.2 Äänivallin rikkomiseen kuluva aika

Ratkaistaan yhtälöstä (8) putoamiseen kuluva aika t . Koska hyppy lähtee levosta, alkunopeus $v_0 = 0$.

$$a = \frac{v}{t} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{v}{a}.$$

Kiihtyvyytenä on putoamiskiihtyvyys eli $g = a$:

$$t = \frac{\left(1235 \cdot \frac{1}{3,6}\right) \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10,172159 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 33,72495019 \text{ s}.$$

5 Tulosten luotettavuuden arviointi

Lasketaan Maan putoamiskiihtyvyydelle maksimi- ja minimiarvot. Yhtälöä (2) tarkastelemalla huomataan, että g saa suurimman arvonsa, kun L on suurin ja T pienin. Minimiarvot saadaan puolestaan sillon, kun L on pienin ja T suurin. Lasketaan T :n ja L :n maksimi- ja minimiarvot. Rullamitan tarkkuus on 0,5 cm

eli $\Delta L = 0,5 \text{ cm}$.

$$\begin{aligned}T_{\max} &= T_{\text{ka}} + \Delta T \\&= 2,751 \text{ s} + 0,050 \text{ s} \\&= 2,801 \text{ s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{\min} &= T_{\text{ka}} - \Delta T \\&= 2,751 \text{ s} - 0,050 \text{ s} \\&= 2,701 \text{ s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_{\max} &= L + \Delta L \\&= 1,95 \text{ m} + 0,005 \text{ m} \\&= 1,955 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_{\min} &= L - \Delta L \\&= 1,95 \text{ m} - 0,005 \text{ m} \\&= 1,945 \text{ m}\end{aligned}$$

Näistä voidaan laskea g :n minimi- ja maksimiarvot g_{\min} ja g_{\max} .

$$\begin{aligned}g_{\min} &= 4\pi^2 \frac{L_{\min}}{T_{\max}^2} \\&= 4\pi^2 \frac{1,945 \text{ m}}{(2,801 \text{ s})^2} \\&= 9,78079695... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}g_{\max} &= 4\pi^2 \frac{L_{\max}}{T_{\min}^2} \\&= 4\pi^2 \frac{1,955 \text{ m}}{(2,701 \text{ s})^2} \\&= 10,57930968... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

Lasketaan vielä maksimin ja minimin poikkeamien suuruudet lasketusta g :stä:

$$\begin{aligned}|g - g_{\min}| &= |10,172159... \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 9,78079695... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}| \\ &= 0,39136205... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}|g - g_{\max}| &= |10,172159... \frac{\text{m}}{\text{s}^2} - 10,57930968... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}| \\ &= 0,40715068... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

Valitaan virheeksi suurempi eli $\Delta g = 0,40715068... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Suhteelliseksi virheeksi tällöin lasketaan

$$\begin{aligned}\left| \frac{\Delta g}{g} \right| &= \frac{0,40715068... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{10,172159... \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot 100\% \\ &= 4,002598465... \%\end{aligned}$$

6 Lopputulokset

Maan vetovoiman kiihtyvyydeksi g mitattiin

$$\begin{aligned} g &= 10,17 \dots \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \pm 0,41 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ &= 10,17 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \pm 4,1\% \end{aligned}$$

Äänivallin rikkomiseen kuluvaksi ajaksi laskettiin

$$\begin{aligned} t &= 33,72495019 \text{ s} \\ &\approx 34 \text{ s} \end{aligned}$$

Aika on noin 5 sekuntia lyhyempi kuin Felix Baumgartnerin hypyssä.

Tässä kappaleessa pohditaan tulosten järkevyyttä ja mittausten onnistumista.

7 Liitteet

Liite 1: Mittauspöytäkirja

Liite 2: Ennakkotehtävien ratkaisut

Liite F. Mittauspöytäkirja -
Maan putoamiskiihtyvyyden määrittäminen

Mittauspöytäkirja

Heilurityö

Nimi: _____

Jaksonajan mittaukset:

Pvm: ____/____/____

Langan pituus: L = _____m

ΔL = _____m

i	$10T_i$ (s)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Opettajan allekirjoitus: _____

Liite G. Hiuksen paksuuden määrittäminen

Hiuksen paksuuden määrittäminen

Työohje

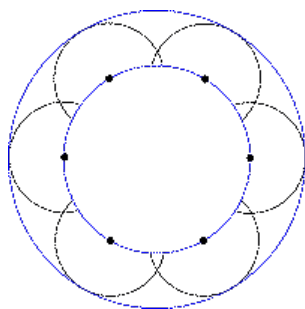
1 Johdanto

Työssä tutustutaan valon aaltoluonteeseen ja siihen, miten valo käyttäytyy kohdatessaan esteen. Esteen kohdatessaan valo taipuu ja muuttaa etenemissuuntaansa alkuperäisestä. Tätä taipumista kutsutaan diffraktioksi, joka aiheuttaa muun muassa sen, että varjojen reunat eivät ole teräviä. Diffraktiota voidaan havaita myös mekaanisilla aalloilla, esimerkiksi veden aallot muodostavat diffraktiokuvion kulkiessaan kapean salmen läpi. Tässä työssä valo taipuu kohdatessaan hiuksen ja sen aiheuttamasta diffraktiokuvioista voidaan määrittää hiuksen paksuus. Työ liittyy FY5 ja FY6 -kurssien sisältöihin, mutta syvennyt enemmän FY6 -kurssin aihealueisiin liittyviin ilmiöihin.

2 Teoria

2.1 Huygensin periaate

Hollantilainen fyysikko Christian Huygens esitti teorian valon etenemiselle vuonna 1678. Sen mukaan jokainen aaltorintaman piste on uuden alkeisaallon (palloaallon) lähde. Alkeisaallot muodostavat uuden aaltorintaman, joka on alkeistaaltojen tangenttipinta. Huygensin periaate on havainnollistettu kuvassa 1. Kohdatessaan esteen, aallon pisteistä syntyvät alkeisaallot leviävät joka suuntaan Huygensin periaatteen mukaisesti. Aalto siis taipuu esteen ympärille.

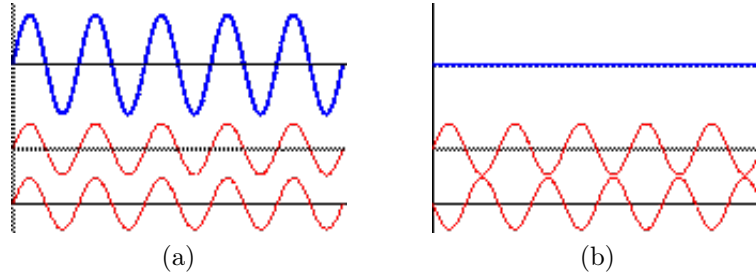


Kuva 1: Huygensin periaate.

2.2 Aaltojen yhteisvaikutus

Jos pudotat kaksi vesipisaraa vesiastiaan, huomaat että syntyy ympyränmuotoisia aaltoja. Huomaat samalla, että aallot kulkevat toistensa läpi. Niissä kohdissa, joissa molemmat aallot esiintyvät samanaikaisesti, tapahtuu *interferenssiä* eli aaltojen yhteisvaikutusta. Jos molempien aaltojen poikkeamat tasapainoasemastaan ovat samansuuntaiset, aallot vahvistavat toisiaan. Tätä kutsutaan **konstruktii-viseksi** (kuva 2a) interferenssiksi. Puolestaan jos poikkeamat ovat vastakkaisuuntaiset, ne heikentävät toisiaan. Tätä kutsutaan **destruktii-viseksi** (kuva 2b) interferenssiksi. Aaltojen yhteisvaikutuksesta syntyvää summa-aaltoa kutsutaan interferenssiaalloksi. Interferenssiä tapahtuu myös valoaaltojen yhteisvaikutuksessa.

Superpositioperiaatteen mukaan kukin aaltoliike tapahtuu itsenäisesti. Kahden aallon kohdatessa toisensa, ne muodostavat summa-aallon eli *resultanttiaallon*,



Kuva 2: Aaltojen interferenssi. a) Konstruktiivinen ja b) destruktiivinen interferenssi.

jonka aaltofunktio saadaan laskemalla yksittäisten aaltojen funktiot yhteen:

$$\begin{cases} y_1(x,t) = A_1 \sin(kx - \omega t) \\ y_2(x,t) = A_2 \sin(kx - \omega t) \end{cases} \Rightarrow y_{\text{res}}(x,t) = (A_1 + A_2) \sin(kx - \omega t), \quad (1)$$

missä A_1, A_2 ovat aaltojen suuruudet eli *amplitudit*, k on aaltoluku ja ω on kulmataajuus. Kohdattuaan toisensa, aallot jatkavat etenemistään saman muotoisina ja suuruusina alkuperäisen liikkeensä säilyttäen. Huomaa, että aallot ovat sekä paikan x että ajan t funktioita.

Konstruktiivista interferenssiä syntyy, kun aaltojen matkaero x on aallonpituuden kokonaislukumonikerta eli

$$x = n\lambda, \quad n \in \mathbb{N}. \quad (2)$$

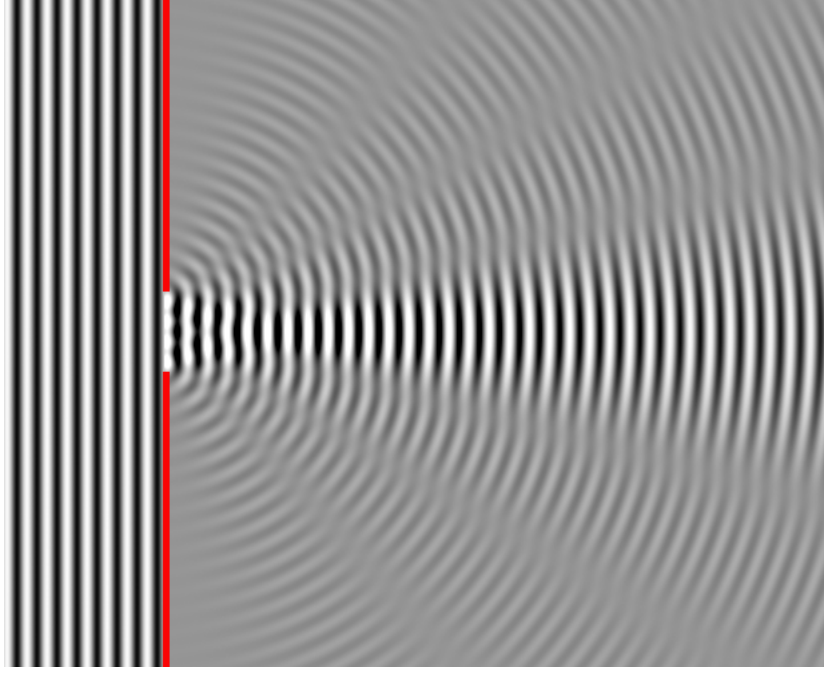
Tällöin aallot vahvistavat toisiaan ja resultanttiaalto on suurempi kuin kumpikaan aalto itsessään. Destruktiivista interferenssiä syntyy puolestaan, kun aaltojen matkaero on

$$x = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda, \quad n \in \mathbb{N}. \quad (3)$$

Tällöin aallot heikentävät toisiaan ja resultanttiaalto on pienempi kuin kumpikaan aalto.

2.3 Diffraktio yhdessä raossa

Kun koherentti ja monokromaattinen valo kulkee kapean raon läpi, se taipuu Huygensin periaatteen kuvailemalla tavalla. Muodostuvat uudet aallot interferoivat keskenään ja muodostavat maksimeja ja minimeja riippuen niiden välisistä matkaeroista varjostimen kohdalla (kuvat 3 ja 4). Samanlainen diffraktiokuvio syntyy,



Kuva 3: Diffraktio kapeassa raossa.

kun raon sijaan käytetään kapeaa estettä, joka on tässä työssä hius. Kun varjostin on kaukana raosta, kulma θ on hyvin pieni, jolloin voidaan käyttää approksimaatiota

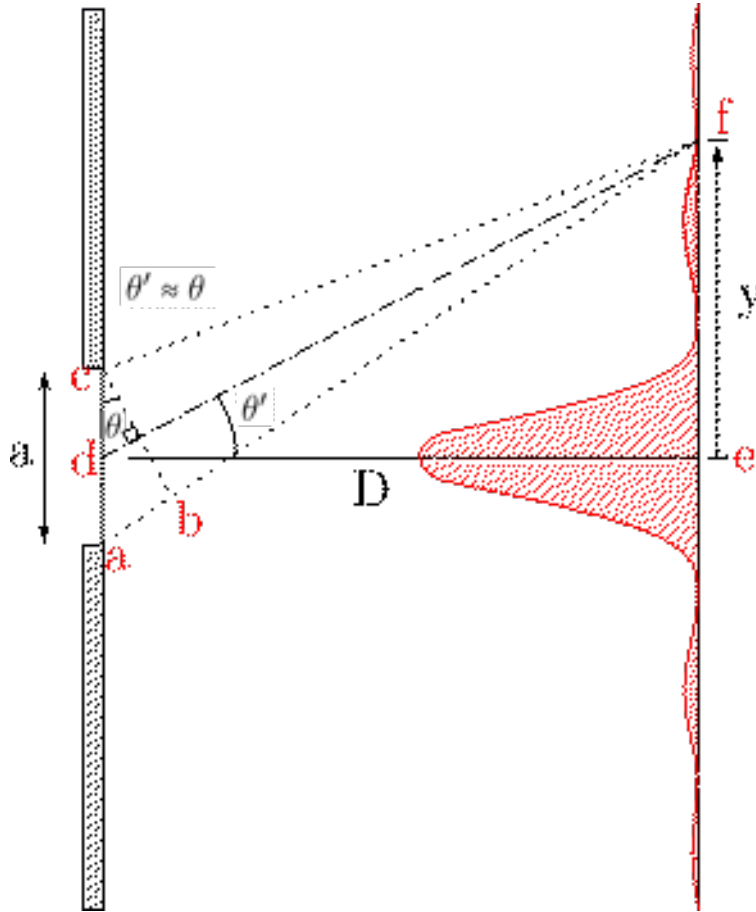
$$\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta \approx \frac{y}{D}, \quad (4)$$

missä y on etäisyys keskimaksimista n . minimiin ja D on hiuksen ja varjostimen etäisyys. Diffraktiokuvion minimit syntyvät, kun valonsäteiden kulkemien matkojen ero on aallonpituuden puolikkaan $\lambda/2$ monikerta. Kuvaan 4 merkitystä suorakulmaisesta kolmiosta abc saadaan

$$\sin \theta = \frac{\lambda/2}{a/2} = \frac{\lambda}{a}, \quad (5)$$

missä $\lambda/2$ on keskimmäisen ja ylimmäisen säteen välinen matkaero. Raon voi jakaa myös neljäsosiin, kuudesosiin ja niin edelleen. Samaa logiikkaa käyttäen minimi muodostuisi siis aina, kun $\sin \theta = 2\lambda/a$, $\sin \theta = 3\lambda/a$, ... Yhtälöön (5) voidaan siis lisätä kokonaislukukerroin n , josta saadaan ehto minimille:

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{a}, \quad n = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (6)$$



Kuva 4: Kapean raon diffraktion geometriaa.

Kertoimen n etumerkki kuvaa sitä, kummalla puolella maksimia minimi on. Yhtälöstä (6) voidaan vielä ratkaista raon leveys a :

$$a = \frac{n\lambda}{\sin \theta} \quad (7)$$

Käyttämällä yhtälön (4) approksimaatiota raon leveydelle saadaan yhtälö

$$a = \frac{n\lambda D}{y}, \quad n = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (8)$$

Koska valo käyttäytyy samalla tavalla kohdatessaan kapean esteen kuin saman levyisen raon, yhtälöä (8) voidaan käyttää hiuksen paksuuden määrittämiseen. Huomaa, että vaikka n on negatiivinen, hiuksen paksuuden arvo on kuitenkin positiivinen, koska $\sin(-\theta) = -\sin(\theta)$ ja tällöin myös y :n etumerkki on negatiivinen ja ne kumoavat toisensa.

3 Mittauslaitteisto

Työssä käytät valonlähteenä helium-neon-laseria, jonka aallonpituus on $\lambda = 632,8 \pm 0,1$ nm. Leikkaa esimerkiksi pahviin suorakulmion muotoinen alue, jonka keskelle teippaat hiuksen kiinni. Katso, että hius on sopivan kireällä teipatessasi. Etäisyyden mittaamiseen käytät rullamittaa. Keskimaksimin ja minimien väliset etäisyydet voit mitata esimerkiksi viivaimella.

4 Työn suoritus

Kiinnitä pahvinpala kiinni statiiviin kouralla. Käynnistä laser ja merkkää kohta, johon lasersäde osuu. Aseta sitten hius lasersäteen eteen, jolloin näet varjostimelle muodostuvan diffraktiokuvion. Sammuta laser ja mittaa rullamitalla etäisyys D hiuksen paikasta varjostimelle. Merkkää etäisyys mittauspöytäkirjaan. Käynnistä nyt laser ja merkkää varjostimelle esimerkiksi lyijykynällä kohdat, joihin varjostimella muodostuu minimikohdat.

Kun olet merkannut keskimaksimin ja minimien kohdat, sammuta laser. Mittaa sitten etäisyydet keskimaksimista eli kirkkaimmasta kohdasta kolmeen ensimmäiseen minimiin viivaimella. Kirjaa tulokset mittauspöytäkirjaan.

5 Mittaustulosten käsittely ja tulosten luotettavuuden arviointi

Laske tulokset hiuksen paksuudelle käyttämällä yhtälöä (8) eri n :n arvoilla. Huomaa, että ensimmäisen minimin kohdalla $n = 1$, toisen $n = 2$ jne. Ilmoita lopullinen hiuksen paksuus laskemiesi tulosten keskiarvona. Pohdi rullamitan ja viivaimen lukematarkkuutta, joista saat ylä- ja alarajat keskimaksimin ja minimien etäisyyksille y_n sekä hiuksen ja varjostimen etäisyydelle D . Tutki yhtälöä (8) ja pohdi, mihin suuntaan virhe muuttuu, kun käytät eri suureilla minimi- ja maksimiarvoja. Laske jokaista maksimia kohden hiuksen paksuuden maksimi- ja minimiarvot taulukkolaskentaohjelmaa käyttäen. Taulukoi lasketut arvot ja laske maksimien ja minimien keskiarvot. Tarkastele sitten taulukoitujen arvojen poikkeamia keskiarvosta, ja valitse lopulliseksi virheeksi suurin poikkeama keskiarvosta.

Ilmoita lopputulokset virheineen kolmen merkitsevän tarkkuudella. Lopputulos pyöristetään normaaleja pyöristyssääntöjä käyttäen. **Huomioi, että virhe pyöristetään aina ylöspäin!** Tuloksia ilmoittaessa sekä virhe että mittaustulos ilmoitetaan samalla tarkkuudella. Esimerkiksi, jos a :n arvoksi saadaan $0,079522... \text{ mm}$ ja virheeksi $\Delta a = 0,002866... \text{ mm}$, niin tulos ilmoitetaan seuraavasti:

$$a = (0,080 \pm 0,003) \text{ mm} = 0,080 \frac{m}{s^2} \pm 4 \%$$

Lopputulokseen on lisätty myös *suhteellinen virhe* $|\Delta a/a|$, joka kertoo, kuinka monta prosenttia mittaustulos voi poiketa ilmoitetusta arvosta. Suhteellinen virhe lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$\text{suhteellinen virhe} = \frac{\text{virhe}}{\text{laskettu arvo}} \cdot 100 \%$$

Edellisessä esimerkkitapauksessa suhteelliseksi virheeksi saatiin

$$\begin{aligned} \left| \frac{\Delta a}{a} \right| &= \frac{0,002866... \text{ mm}}{0,079522... \text{ mm}} \cdot 100 \% \\ &= 3,60403... \% \\ &\approx 4 \% \end{aligned}$$

Pohdi raporttisi lopussa seuraavia asioita:

- Ovatko mittaustulokset järkeviä? Onko laskemasi hiuksen paksuus samaa kokoluokkaa kuin esimerkiksi internetistä tai kirjallisuudesta löytyvät arvot?
- Pohdi, mitkä tekijät aiheuttavat virhettä tässä työssä.
- Mitä opit työstä?

6 Ennakkotehtävät

Tee ennakkotehtävä ennen työvuorolle saapumista ja tarkastuta ne opettajalla tai työn ohjaajalla.

- a) Selitä, miksi varjostimen tulee olla kaukana raosta.
- b) Johda yhtälö (8). Käytä apuna kuvan (4) geometriaa ja työohjetta.

Viitteet

- [1] Young, H.D. & Freedman, R. (2016). University Physics with Modern Physics 14th Ed. Pearson Education: Harlow, Essex, England.
- [2] Lehto, H., Maalampi, J., Havukainen, R. & Leskinen, J. (2017). FY5 - Jaksollinen liike ja aallot. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- [3] Lehto, H., Maalampi, J., Havukainen, R. & Leskinen, J. (2017). FY6 - Sähkömagnetismi. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Liite H. Malliraportti - Hiuksen paksuuden määrittäminen

Hiuksen paksuuden määrittäminen

Malliraportti

Fredrik Fyysikko

DD.MM.YYYY

sähkö@posti.fi

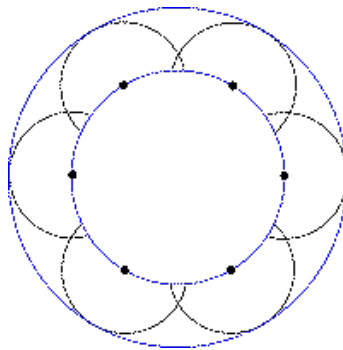
1 Johdanto

Työn tarkoituksena on määrittää hiuksen paksuus hyödyntäen valon diffraktiota sen kohdatessa esteen. Työssä esteenä käytetään ohutta hiusta ja valonlähteenä He-Ne -laseria, jonka aallonpituus tunnetaan. Huygensin periaatteen mukaisesti valoallon jokaisesta pisteestä syntyy uusi alkeisaalto. Kohdatessaan esteen lasersvalo taipuu esteen ympärille Huygensin periaatteen kuvailemalla tavalla. Näin syntyvät uudet valoallot interferoivat keskenään ja muodostavat varjostimelle diffraktiokuvion. Hiuksen paksuus voidaan määrittää diffraktiokuvion päämaksimin ja minimien välisistä etäisyyksistä.

2 Teoria

2.1 Huygensin periaate

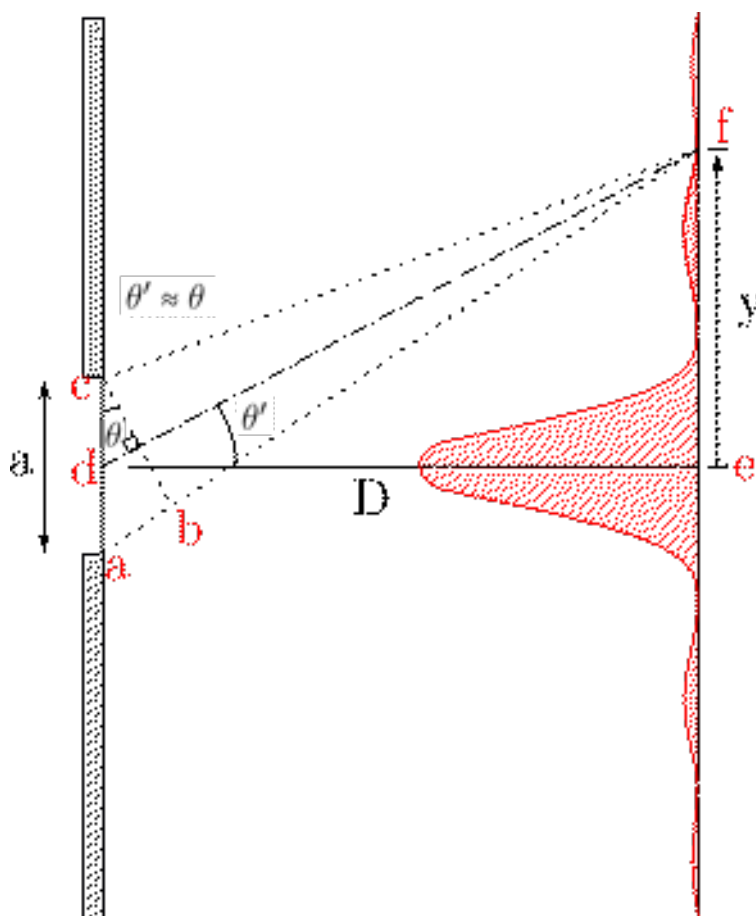
Huygensin periaatteen mukaan aaltorintaman jokainen piste on uuden alkeisaallon lähde. Pisteistä lähtevät alkeisaallot muodostavat uuden aaltorintaman, joka on yhden aallonpituuden päässä edellisestä aaltorintamasta. Tämä on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1: Huygensin periaate.

2.2 Diffraktio yhdessä raossa

Kun koherentti ja monokromaattinen valo kulkee kapean raon läpi, syntyy taustalla olevalle varjostimelle diffraktiokuvio (kuva 2). Samanlainen diffraktiokuvio



Kuva 2: Havainnekuva diffraktiokuvion syntymisestä.

syntyy, kun raon sijaan käytetään kapeaa estettä, joka on tässä työssä hius. Raon leveys (tässä työssä hiuksen paksuus) saadaan laskettua yhtälöstä

$$a = \frac{n\lambda D}{y}, \quad n = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

missä n on minimin kertaluku, λ laserin aallonpituus, D varjostimen etäisyys hiuksesta ja y päämaksimin etäisyys n . minimistä.

3 Mittauslaitteisto ja -menetelmät

Valonlähteenä työssä käytettiin monokromaattista laseria, jonka aallonpituus oli $\lambda = 638,2$ nm. Pahvinpalaan leikattiin reikä, johon kiinnitettiin hius sopivan ki-

reäksi teipillä. Pahvinpala sitten kiinnitettiin statiiviin. Laser käynnistettiin ja säteen keskipisteeseen merkittiin lyijykynällä varjostimelle. Tämän jälkeen siirsimme statiivia siten, että lasersäde osuu hiukseen, jolloin varjostimelle syntyi diffraktiokuvio. Laser sammutettiin ja sen jälkeen mittasimme rullamitalla etäisyyden varjostimelle. Käynnistimme laserin uudelleen ja merkkasimme varjostimelle diffraktiokuvion keskimaksimin molemmille puolille minimikohtien paikat. Lopuksi mittasimme viivaimella etäisyydet keskimaksimin kohdasta merkattuihin minimikohtiin. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

n	y (cm)
-3	y_1
-2	y_2
-1	y_3
1	y_4
2	y_5
3	y_6

Taulukko 1: Mitatut etäisyydet keskimaksimista minimeihin

4 Mittaustulosten käsittely

Hiuksen etäisyydeksi varjostimelta mitattiin $D = x$ cm. Käytetyn laserin aallonpituus $\lambda = 638,2$ nm Hiuksen paksuus voidaan laskea yhtälöstä (1). Laskuissa esiintyvät arvot löytyvät liitteenä 1 olevasta mittauspöytäkirjasta:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{n\lambda D}{y} \\
 &= \frac{-3 \cdot 638,2 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 0,01x \text{ m}}{y_1 \text{ m}} \\
 &= \dots \text{ m} \\
 &= a_1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Arvot hiuksen paksuudelle, kun $n = -3, -2, \dots, 3$, on esitetty taulukossa 2. Valitaan lopulliseksi paksuudeksi taulukon 2 tulosten keskiarvo:

$$\bar{a} = x \text{ mm}.$$

n	a (mm)
-3	a_1
-2	a_2
-1	a_3
1	a_4
2	a_5
3	a_6

Taulukko 2: Yhtälöstä (1) lasketut hiuksen paksuudet eri n :n arvoilla

5 Tulosten luotettavuuden arviointi

Yhtälöstä (1) nähdään, että hiuksen paksuudelle saadaan suurin arvo, kun y on pienimmillään ja λ sekä D suurimmillaan. Vastaavasti a :n minimiarvo saadaan, kun y on suurimmillaan ja λ sekä D pienimmillään.

$$\begin{aligned} y_{max} &= y + \Delta y & \lambda_{max} &= \lambda + \Delta \lambda & D_{max} &= D + \Delta D, \\ y_{min} &= y - \Delta y & \lambda_{min} &= \lambda - \Delta \lambda & D_{min} &= D - \Delta D. \end{aligned}$$

Laserin aallonpituuden virhe on $\Delta \lambda = 0,1$ nm, rullamitan tarkkuudeksi valitaan $\Delta D = 0,5$ cm ja viivaimen lukematarkkuudeksi $\Delta y = 0,1$ cm. Lasketaan a :n maksimi- ja minimiarvot sekä keskiarvot käyttämällä taulukkolaskentaohjelmaa. Tulokset on esitetty taulukossa 3. Lasketaan a_{max} ja a_{min} yhtälöstä (1)

$$a_{max} = n \frac{\lambda_{max} D_{max}}{y_{min}}, \quad a_{min} = n \frac{\lambda_{min} D_{min}}{y_{max}}, \quad n \in \mathbb{Z}$$

Valitaan hiuksen paksuudelle maksimi- ja minimiarvoista suurimmat, eli

n	a_{max}	a_{min}
-3	a_1	a_1
-2	a_2	a_2
-1	a_3	a_3
1	a_4	a_4
2	a_5	a_5
3	a_6	a_6

Taulukko 3: Lasketut keskiarvot a :n minimi- ja maksimiarvoille.

$$a_{max} = a_{n_1}, \quad a_{min} = a_{n_2}.$$

Valitaan virheeksi hiuksen paksuuden maksimi- ja miniarvoista suurempi poikkeama lasketusta keskiarvosta $\bar{a} = x$ mm. Eli

$$\Delta a = \max(|\bar{a} - a_{\max}|, |\bar{a} - a_{\min}|)$$

Lasketaan sitten suhteellinen virhe:

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\% = \dots\%$$

6 Lopputulokset ja pohdintaa

Hiuksen paksuudeksi määritettiin

$$\begin{aligned} a &= (a \pm \Delta a) \text{ mm} \\ &= a \text{ mm} \pm \frac{\Delta a}{a} \% \end{aligned}$$

Tässä kappaleessa on pohdittu työn onnistumista, virheiden suuruutta ja tuloksen järkevyyttä.

7 Liitteet

Liite 1: Mittauspöytäkirja

Liite 2: Ennakkotehtävien ratkaisut

Liite I. Mittauspöytäkirja - Hiuksen paksuuden määrittäminen

Mittauspöytäkirja

Hiuksen paksuuden määrittäminen

Nimi: _____

Pvm: ____/____/____

Etäisyys varjostimelle: D = _____ m

ΔD = \pm _____ m

Laserin aallonpituus: λ = _____ nm

$\Delta \lambda$ = \pm _____ nm

Minimien etäisyydet keskimaksimista

n	y (cm)
-3	
-2	
-1	
1	
2	
3	

Opettajan allekirjoitus: _____